

Aus dem Röntgeninstitut und der Strahlentherapeutischen Abteilung
am Städtischen Krankenhaus Moabit

Dirig. Arzt: Professor Dr. med. Rudolf Birkner

EINE NEUE MÖGLICHKEIT DER INTRAKAVITÄREN
HALBTIEFEN-KLEINRAUMBESTRAHLUNG MIT SCHNELLEN
ELEKTRONEN EINES 18 MEV-BETATRONS

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der ehem.

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

1970

vorgelegt von

Bodo Theophil

aus Berlin

Aus dem Röntgeninstitut und der Strahlentherapeutischen Abteilung
am Städtischen Krankenhaus Moabit

Dirig. Arzt: Professor Dr. med. Rudolf B i r k n e r

EINE NEUE MÖGLICHKEIT DER INTRAKAVITÄREN HALBTIEFEN-
KLEINRAUMBESTRAHLUNG MIT SCHNELLEN ELEKTRONEN
EINES 18 MEV - BETATRONS

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der ehem.
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bodo Theophil
aus Berlin

ehem. Dekan: Professor Dr. med. Herbert L a x
Referent: Professor Dr. med. Rudolf B i r k n e r
Korreferent: Professor Dr. med. Werner S c h l u n g b a



Gedruckt mit Genehmigung der ehem. Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 27. Oktober 1970

Inhaltsverzeichnis

- I. DER KREBS ALS ÖRTLICH BEGRENZTES GESCHEHEN
BEOBACHTUNG UND THERAPEUTISCHE KONSEQUENZ
- II. DIE KLEINRAUMBESTRAHLUNG, IHRE ZIELSETZUNG
UND IHRE HISTORISCHE ENTWICKLUNG
 - 1.) Strahlentherapeutische Taktik - Bestrahlungsplanung
als Voraussetzung einer kurativen Tumorthherapie
 - 2.) Die früheren Methoden der intrakavitären
Bestrahlung in der Gynäkologie
 - a) Die intrakavitäre Kleinraumbestrahlung
mit radioaktiven Substanzen
 - b) Die intrakavitäre Kleinraumbestrahlung
mit Röntgenstrahlen: Körperhöhlenrohre
und transvaginale Methoden
 - c) Versuche intrakavitärer Kleinraumbestrahlung
unter Anwendung von Curiekleinanlagen:
Radium- und Kobaltkanonen
 - 3.) Die Bewegungsbestrahlung als Kleinraummethode
- III. DIE INTRAKAVITÄRE KLEINRAUMBESTRAHLUNG MIT SCHNELLEN
ELEKTRONEN EINES 18 MeV - BETATRONS
 - 1.) Grundsätzliches zur Anwendung der Elektronen-
strahlung des Betatrons
 - 2.) Notwendige technische Umbauten zur Durchführung
unserer Bestrahlungsmethode
 - a) Änderungen am Bestrahlungstisch
 - b) Änderungen an der Tubushalterung des Betatrons
 - c) Änderungen an den Elektronentubussen

- 3.) Die Ausführung der intrakavitären Bestrahlung
(Bestrahlungstechnik)
- 4.) Isodosen und Dosisprofilkurven
- 5.) Anwendungsbereich der neuen Methodik
- 6.) Klinische Ergebnisse
- 7.) Nebenwirkungen und Komplikationen
 - a) Nebenwirkungen auf den Gesamtorganismus
 - b) Lokale Reaktionen

IV. BEWERTUNG DER METHODE HINSICHTLICH IHRER STELLUNG IN DER STRAHLENTHERAPIE UND VERGLEICH MIT DEN ÄLTEREN VERFAHREN

V. ZUSAMMENFASSUNG

VI. LITERATUR

Eine neue Möglichkeit der intrakavitäre Halbtiefen- Kleinraumbestrahlung mit schnellen Elektronen eines 18 MeV - Betatrons.

=====

I. DER KREBS ALS ÖRTLICH BEGRENZTES GESCHEHEN.
BEOBACHTUNG UND THERAPEUTISCHE KONSEQUENZ.

"Unter Geschwulst, Gewächs oder Blastom verstehen wir eine zu örtlicher Zell- und Gewebsvermehrung führende, durch eigengesetzliches (autonomes) Wachstum entstandene Gewebsneubildung". So definiert LETTERER ⁵⁵ aus der Sicht des Pathologen die neoplastische Gewebsbildung, kurz den Krebs schlechthin. BAUER ⁴, als der in Deutschland wohl beste Kenner der Krebsproblematik, schreibt in seinem Buch über das Krebsproblem: " Krebs ist im Beginn immer und meist längere Zeit ein rein örtliches Leiden. - - Allen Krebsgeschwülsten ist jedoch das stetige Fortschreiten, die dabei stets erfolgende Zerstörung normaler Gewebe und die Verschleppung an andere Körperstellen gemeinsam." - In beiden Äußerungen liegt die Betonung auf dem lokalen Beginn der Krebserkrankung. Hieraus ergibt sich logischerweise die Notwendigkeit, diese Krankheit zu dem Zeitpunkt anzugehen, wenn sie naturgemäß die besten Voraussetzungen für eine erfolgversprechende Therapie bietet, d.h.

solange das Karzinom lokal begrenzt ist. In diesem Stadium bieten heute die hochentwickelte Chirurgie auf der einen und die Strahlentherapie mit ihren vielfältigen Möglichkeiten auf der anderen Seite eine echte Heilungschance für die von diesem Leiden befallenen Menschen. Leider ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt aufgrund der noch immer ungeklärten Ätiologie der Krebserkrankung eine ursächliche Behandlung noch nicht durchführbar, um so unverständlicher wäre es daher, wenn man diese kurze Zeitspanne einer echten Heilungsmöglichkeit nicht dazu benutzen würde, mit allen Mitteln, die uns die moderne Medizin zur Verfügung stellt, einen Stillstand dieses sonst schicksalhaft unaufhaltsam ablaufenden Prozesses zu erzwingen. - Sicher fehlt es nicht an Versuchen, den Krebs auch bei seiner Generalisierung, also wenn er das Stadium der lokalen Begrenzung verlassen hat, aufzuhalten. Hierzu gehört auf dem Gebiet der Chirurgie die operative Entfernung von Metastasen in anderen Organen, wie z. B. von Lungenmetastasen beim hypernephroiden Karzinom. Auf dem Bestrahlungssektor führt man die gezielte Bestrahlung von Fernmetastasen durch, außerdem gehört hierzu das breite Spektrum der metabolischen Anwendung radioaktiver Isotope für die Therapie, sei es spezifisch wie bei karzinomatösen

Prozessen in Zusammenhang mit der Schilddrüse und bei Erkrankungen des hämatopoetischen Systems oder unspezifisch wie bei der Anwendung des radioaktiven kolloidalen Goldes (^{198}Au) zur Bestrahlung von flüssigkeitsbildenden karzinomatösen Zellabsiedelungen an den serösen Häuten von Körperhöhlen. - Hierher gehört letztlich auch die gesamte Chemotherapie der Tumorerkrankung auf hormoneller oder insbesondere auf zytostatischer Grundlage.

Betrachtet man jedoch all diese Versuche kritisch hinsichtlich ihrer Heilungserfolge, so ist festzustellen, daß sie in den allermeisten Fällen nur palliative, aber keine bleibenden Remissionen erzielen, welche zum Teil noch mit nicht unerheblichen Störungen des Allgemeinbefindens und Schwächung der Abwehrkraft gegenüber dem Grundleiden und interkurrenten Infekten erkaufte werden. Erwähnt seien nur die schweren Störungen des hämatopoetischen Systems bei der Therapie mit den hochtoxischen Zytostatika, welche eine ständige klinische Überwachung erforderlich machen. Keinesfalls lassen sich jedoch mit diesen Methoden jene Erfolge erzwingen, die bei lokaler Begrenzung des Krebses durch ein radikales chirurgisches Vorgehen, eine gezielte, konsequent und hochdosiert durchgeführte Strahlentherapie oder durch die sinnvolle Kombination dieser beiden Metho-

den erzielt werden können. Aus der Sicht des Strahlentherapeuten muß daher neben der Forderung nach standardisierten Bestrahlungsmethoden zur rationellen Bestrahlung eines großen Personenkreises tumorkranker Patienten in Zentralinstituten und Großkliniken die ständige Entwicklung und Verbesserung derjenigen Methoden stehen, die eine noch individuellere Anpassung an das Tumorgeschehen im Einzelfall gewährleisten, um auch bisher als nicht beeinflussbar angesehene Tumorformationen, insbesondere lokale Tumorrezidive, mit kurativen Strahlendosen angehen zu können.

Wir haben mit der von uns entwickelten intrakavitären Kleinraumbestrahlung mit schnellen Elektronen versucht, hierzu einen Beitrag zu leisten und damit eine bessere Anpassung an bestimmte Formen gynäkologischen Tumorwachstums erstrebt. Neun Patientinnen wurden bisher mit dieser Methode zusätzlich bestrahlt. Umfangreiche Umbauten an der Bestrahlungsapparatur waren erforderlich, neue Isodosenbilder mußten erstellt werden. Eine günstige Beeinflussung des Tumorwachstums wurde beobachtet.

Die Methodik der Bestrahlung und erste Ergebnisse werden in dieser Arbeit mitgeteilt.

II. DIE KLEINRAUMBESTRAHLUNG, IHRE ZIELSETZUNG UND IHRE HISTORISCHE ENTWICKLUNG.

1.) Strahlentherapeutische Taktik - Bestrahlungs- planung als Voraussetzung einer kurativen Tumorthherapie.

Im Interesse einer weitgehenden Wirkung auf den Tumor empfiehlt sich die Applikation einer möglichst hohen Strahlendosis. Die Chance, einen Tumor vollständig und endgültig einzuschmelzen, wächst statistisch mit der verabreichten Dosis (CHAOUL und WACHSMANN²¹). Es läßt sich daher auch immer wieder beobachten, daß mit einer Zunahme der an den Herd verabfolgten Dosis eine kontinuierliche Zunahme der endgültigen Heilungsaussichten verbunden ist. Grundsätzlich sind der unbegrenzten Dosiserhöhung durch die Gefahr eines größeren Strahlenschadens des den Tumor umgebenden gesunden Gewebes, dessen Abwehrkraft für die Heilung des Tumors und seine Demarkierung bzw. Resorption der Zerfallsprodukte wichtig ist, natürliche Grenzen gesetzt. Das Bestreben muß also dahin gehen, diejenige Dosis zu applizieren, die bei erheblicher Schädigung am eigentlichen Tumorherd einen möglichst geringen und vor allen Dingen reparablen Schaden im angrenzenden Gewebe setzt, so daß dieses seine natürlichen Funktionen der Abwehr wahrnehmen kann.

Ganz allgemein gilt: Je kleiner man das Volumen des insgesamt durchstrahlten gesunden Gewebes wählt, desto geringer ist bei gleicher Dosis die Wirkung der Strahlung auf dieses Gewebe. Wenn es also gelingt, die Volumendosis für das gesunde Gewebe niedrig zu halten, ist es damit möglich, eine höhere tumorwirksame Dosis an den eigentlichen Herd zu applizieren. Die relative Herdraumdosis (WACHSMANN⁹¹) als Ausdruck der quantitativen Beziehung zwischen Herdgröße und gesamtem durchstrahlten Volumen nimmt zu, der Wirkungsgrad der Bestrahlung wird vergrößert. Je höher also die relative Herdraumdosis, desto größer ist die Erfolgswahrscheinlichkeit einer Bestrahlung, desto geringer die Allgemeinreaktion beim bestrahlten Patienten. Inwieweit läßt sich nun eine Schonung des gesunden Gewebes durchführen? Dies ist eine Frage der Bestrahlungsplanung und der Bestrahlungstechnik. Neben der persönlichen Erfahrung des Strahlentherapeuten ist hierbei die zur Verfügung stehende apparative Ausrüstung ausschlaggebend. Wie oben schon ausgeführt, wird letztlich die Dosis durch die Strahlensensibilität der Nachbarorgane des Tumorherdes begrenzt. Allerdings empfiehlt es sich nicht, diese Grenze allzu schematisch zu betrachten und eine Strahlenreaktion an gesunden Organen in jedem Fall

unbedingt vermeiden zu wollen auf Kosten einer dann unzureichenden Herddosis am Tumor. Wie klinische Beobachtungen an einem umfangreichen Krankengut zeigten, wird bei Inkaufnahme von nicht beabsichtigten Strahlenschädigungen an gesunden Nachbarorganen die Aussicht einer Strahlenbehandlung mitunter verbessert (GAUWERKY ²⁸, INGELMANN - SUNDBERG ⁴¹ u.a.). Diese Ergebnisse dürfen nun jedoch nicht dazu führen, der Strahlenschädigung gesunder Organe absolut gleichgültig gegenüber zu stehen, vielmehr muß daraus als Ergebnis eine flexiblere Bestrahlungstechnik resultieren, die sich den jeweiligen Gegebenheiten dosismäßig anpaßt und die, wenn auch in engen Grenzen gehaltene, unterschiedliche Strahlensensibilität beim einzelnen Individuum berücksichtigt.

"Die manchmal schwierige Aufgabe des Strahlentherapeuten besteht darin, mit einem weitgehend individualisierten Bestrahlungsplan im Interesse einer vollständigen Tumorvernichtung an die Toleranzgrenze heranzugehen, sie aber nicht zu überschreiten, damit dem Patienten quälende Zustände oder gar Siechtum erspart bleiben." (GAUWERKY ²⁸)

Für die flexible Ausnutzung der Toleranzgrenzen muß zwei eng miteinander verknüpften Komponenten Beachtung geschenkt werden:

1.) der zeitlichen Dosisverteilung,
2.) der räumlichen Dosisverteilung.
KEPP ⁴³ und DU MESNIL DE ROCHEMONT ⁶⁰, beide durch die Entwicklung eigener gynäkologischer Bestrahlungsmethoden hervorgetreten, empfehlen im Hinblick auf die zeitliche Dosisverteilung, die Bestrahlung im Sinne einer fraktionierten Langzeitbestrahlung zu gestalten, da bei der Fraktionierung die Differenz der Empfindlichkeit gegenüber dem Strahleninsult zwischen gesundem und bösartigem Gewebe vergrößert wird. KEPP ⁴³ befürwortet hierbei die tägliche Bestrahlung eines jeden Feldes mit kleiner Einzeldosis, die bei Rezidivtumoren unter Umständen nochmals reduziert werden kann. Die hierdurch hervorgerufene Verlängerung der gesamten Strahlenbehandlung muß in Kauf genommen werden. Wir führen an unserer Abteilung, von einzelnen Sonderfällen abgesehen, konsequent ein ähnliches Prinzip in einem 48 Stundenrhythmus durch, welches sich seit Jahren bestens bewährt und durch seine günstige Fraktionierung eine ausreichende Erholung der mitbestrahlten gesunden Gewebspartien gewährleistet (PIRKNER ¹⁰). Wie BARTH, GRAEBNER und WACHSMANN ² anlässlich einer Untersuchung der Bestahlungserfolge beim schnell wachsenden Sarkom der Maus zeigen konnten, erweist sich der 48 Stundenrhythmus einer täglichen

Bestrahlung sowohl in bezug auf die Überlebensdauer als auch bezüglich der Tumorrückbildung beim Versuchstier als deutlich überlesen. Eine erneute Bestätigung erfuhr der 48 Stundenrhythmus im Jahre 1968 durch BARTH und RINGLEB³.

Hinsichtlich der räumlichen Dosisverteilung gilt das schon oben näher ausgeführte Prinzip: Das Volumen des durchstrahlten gesunden Gewebes soll möglichst klein gehalten werden, um mit der Erzielung einer möglichst hohen relativen Herdraumdosis die Allgemeinreaktion auf die Bestrahlung auf ein erträgliches Maß zu beschränken. Eine Homogendurchstrahlung des ganzen Körperabschnittes, in dem die Geschwulst gelegen ist, nutzt lediglich die elektive Wirkung ionisierender Strahlen gegenüber dem bösartigen Gewebe aus. Eine Steigerung erfährt diese Elektivität jedoch durch die Langzeitbestrahlung.

Es ist daher in der historischen Entwicklung der Strahlentherapie immer wieder nach Methoden gesucht worden, die bei ausreichend hoher lokaler Tumordosis eine eingreifende Störung in das Allgemeinbefinden des tumorkranken Patienten infolge zu hoher Volumendosis des gesunden durchstrahlten Gewebes vermeiden sollten.

MARTIUS⁵⁷ prägte Anfang der vierziger Jahre hierfür den Begriff "Kleinraumbestrahlung".

Die methodischen Versuche, die dieser Definition ebenfalls zugeordnet werden müssen, reichen jedoch schon länger zurück, und zeigen die Auseinandersetzungen einer ganzen Generation verantwortungsbewußter Strahlentherapeuten mit dieser Problematik. Hierzu gehören die Methoden der intrakavitären (intravaginalen) Applikation radioaktiver γ -Strahler genauso wie die intravaginale und transvaginale Bestrahlung mit Röntgenstrahlen oder sogenannten "Strahlenkanonen". Hierhin gehört schließlich auch das Prinzip der Bewegungsbestrahlung.

Vor einer kurzen Skizzierung der einzelnen z.T. bereits historisch gewordenen Methoden und ihrer kritischen Wertung vom Standpunkt der modernen Strahlentherapie aus muß jedoch festgestellt werden: Der überwiegende Teil dieser Entwicklungen erfolgte zu einer Zeit, als für die perkutane Tumorbestrahlung, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, lediglich die konventionelle Röntgentiefentherapie mit ihren insbesondere bei der "Kreuzfeuermethode" enorm hohen Volumendosen zur Verfügung stand. Inzwischen ist mit der fortschreitenden technischen Entwicklung von Telecuriegeräten und Beschleunigeranlagen die Strahlentherapie in ein neues Stadium getreten. Ein einfacher Vergleich der relativen

Herdraumdosie für die derzeitig durchgeführten perkutanen Bestrahlungsmethoden soll dieses verdeutlichen.

Bei einem im Körperinneren gelegenen Herd von 6 cm Durchmesser ergeben sich bei einer mittleren Herddosis von 5 000 R für die relative Herdraumdosie folgende Werte:

Konventionelle Kreuzfeuerbestrahlung		
200 kV, Feldgröße 10 x 15 cm	1,7	%
Bewegungsbestrahlung 200 kV	7	%
Telecurietherapie (Co ⁶⁰)	14	%
Ultraharte X-Strahlung 15 - 30 MeV	18	%

(nach WACHSMANN, zit. BECKER und SCHUBERT ⁸⁾)

So wird es verständlich, daß der Begriff der "Kleinraumbestrahlung" einer Wandlung bzw. einer Erweiterung bedarf. DU MESNIL DE ROCHEMONT ⁶¹ bezeichnet daher neben der Nah- und Körperhöhlenbestrahlung und den Bewegungsbestrahlungsverfahren auch die Therapie mit ultraharter Strahlung der Beschleunigeranlagen und Kobaltkanonen als ausgesprochene Kleinraumbestrahlungsmethoden. Dieser Auffassung kann im Hinblick auf die historische Entwicklung kaum widersprochen werden.

2.) Die früheren Methoden der intrakavitären Bestrahlung in der Gynäkologie.

a) Die intrakavitäre Kleinraumbestrahlung mit radioaktiven Substanzen.

In der Gynäkologie dürfte die intrakavitäre Kleinraumbestrahlung mittels radioaktiver Substanzen die älteste, verbreitetste und auch heute noch überall angewandte Methode sein. Hierbei hat von den Anfängen der Strahlentherapie bis heute das Radium auf dem gynäkologischen Strahlensektor seine dominierende Rolle behauptet. Andere Bestrahlungsmethoden, wie z.B. die intrakavitäre Anwendung von Co^{60} (BECKER und SCHEER ⁷), Cs^{137} (GAUWERKY ^{29, 30}) und Iridium ¹⁹² (TUDWAY ⁸⁹) haben sich dagegen nicht allgemein durchsetzen können und sollen daher später nur kurz besprochen werden. (Die fast immer zusätzlich durchgeführte perkutane Therapie, meist konventionelle Röntgentiefenbestrahlung, wird bei diesen Betrachtungen außer acht gelassen.)

Bei der Anwendung radioaktiver Strahler zur intrakavitären Behandlung allgemein und bei der Radiumtherapie im besonderen wird das oben erläuterte Prinzip der fraktionierten Bestrahlung zugunsten der Protrahierung teilweise aufgegeben. Hierunter versteht man eine Verlängerung der Bestrahlungszeit durch Verminderung des Dosiszuflusses pro Zeiteinheit.

Das Radium bietet bei seiner Anwendung in Form der Kontakttherapie hierfür die allerbesten Voraussetzungen. Es wird heute vorwiegend als Radiumsulfat verwendet, welches in kleinen Platin- bzw. Platiniridiumröhrchen mit einer Wandstärke von 0,2 - 0,5 mm untergebracht ist. Die gebräuchlichste Menge des Radiumsalzes entspricht dabei 10 mg Element Radium. Diese Röhrchen bewirken gleichzeitig durch vollkommene Absorption der α -Strahlung und die teilweise Absorption der β -Strahlung die Primärfilterung. Die restliche β -Strahlung wird durch zusätzliche Sekundärfilter aus Messing, die gleichzeitig individuell gestaltet als Träger dienen, herausgefiltert. Im Radiumträger selbst entsteht jedoch durch eine geringe Absorption der primären γ -Strahlung des Radiums eine sekundäre β -Filter-Strahlung, die therapeutisch mitgenutzt werden kann. Die Dosiskonstante des Radiums beträgt $\sim 0,83 \frac{Rm}{h Ci}$ ². Nach einer einfachen Formel läßt sich die Intensität der Strahlung in R/h in der Umgebung des Strahlers für jeden Punkt errechnen:

$$R/h = \frac{\text{Radiumelement in Ci} \times \text{Dosiskonstante}}{(\text{Abstand vom Ra-Präparat in m})^2}$$

wobei definitionsgemäß 1 g Ra = 1 Ci gesetzt wird.

Die Dosiskonstante ist hierbei jedoch von der Filte-

rung abhängig. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß sie nur für eine punktförmige Strahlenquelle gilt. Letzteres kann jedoch bei Überschlagsrechnungen vernachlässigt werden. Exakte Dosisbestimmungen müssen ohnehin mit einem empfindlichen Meßinstrument, z.B. Siemens- Gammameter, erfolgen. Die kleinen Dimensionen der bei diesen Geräten benutzten Meßkammern erlauben die Einführung in Hohlgorgane wie Blase und Darm, deren Strahlenbelastung bei der Hauptanwendung des Radiums, der intracervikalen Einlage in die Gebärmutter, hierdurch festgestellt werden kann. Für die Radiumtherapie des Gebärmutterkarzinoms werden heute meist Platten- Stift- Kombinationen als Träger verwendet, in Anlehnung an die alte Stockholmer Methode (HEYMAN ³⁴). Die einzelnen unterschiedlichen Techniken der Radiumbehandlung sowie der dazugehörenden perkutanen Therapie sollen hier nicht aufgeführt werden. Hierzu wird auf die entsprechenden Veröffentlichungen verwiesen, z.B. Pariser Methode: VIGNES und BÉCLÈRE ⁹⁰; Stockholmer Methode: FORSSELL ²⁷, HEYMAN ³⁴, KOTTMEIER ⁵⁴; Manchester Methode: TOD und MEREETH ⁸⁵; Göttinger Methode: KEPP ⁴⁴, LARTIUS und KEPP ⁵⁹; Bestrahlungsmethode der 1. Universitäts-Frauenklinik München: RIES ⁷¹, RIES und BREITNER ⁷³; Bestrahlungsmethode des Strahleninstituts der Universität Marburg: DU MESNIL DE ROCHEMONT ^{62,63,64}.

Eine typische Radiumträgerkombination dieser Art,
wie sie bei uns Verwendung findet, mit dem dazu-
gehörenden Isodosenverlauf und Dosisabfall zeigen
Abb. 1 und 2.

Abb. 1

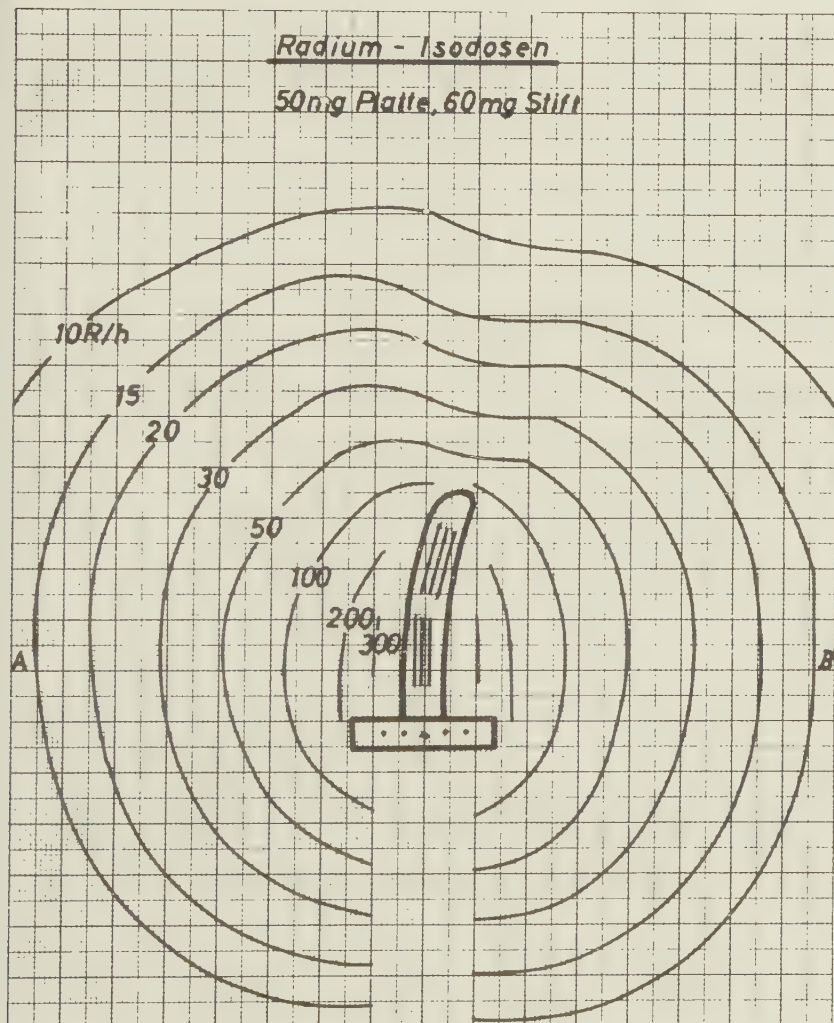
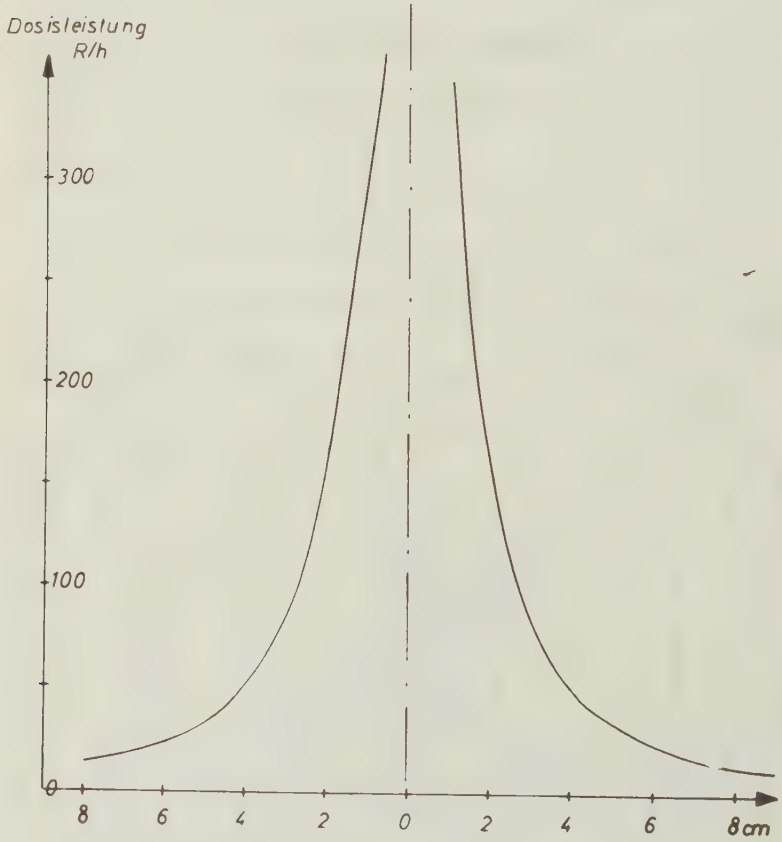


Abb. 2

Dosisabfall Radium
50mg Platte, 60mg Stift
seitlicher Abfall zwischen A und B



Der steile Dosisabfall zur Tiefe hin, welcher bei der Kontakttherapie ausgenutzt wird, ist gut ersichtlich. Er wird dabei weniger durch Absorption, sondern vorwiegend durch das quadratische Abstandsgesetz bestimmt. Es ergibt sich bei hohem Dosiszufluß am Herd eine relativ geringe Volumendosis, d.h. die relative Herdraumdosis ist hoch. Die Bedingung der Kleinraumbestrahlung ist also beim Radium ideal erfüllt. Gleichzeitig werden jedoch auch die Grenzen der Radiumtherapie offenbar:

- 1.) Die intrakavitär nicht abschirmbare harte γ -Strahlung führt zu einer hohen Belastung der dem Cervixtumor direkt benachbarten Organe wie Blase und Rektum. - Die totale Strahlentoleranz (Ra und perkutane Therapie) dieser Organe beträgt nach RIES und BREITNER ⁷⁴ bei einzeitiger Radiumbestrahlung und einem Dosiszufluß von 60 - 90 R/h etwa 6 000 - 7 000 R. Bei fraktionierter Radiumanwendung erhöht sich dieser Wert auf etwa 8 000 R.
- 2.) Von der Mittellinie entfernt liegende Prozesse, wie Infiltrate der Parametrien oder der Beckenwand, erhalten durch den steilen Dosisabfall eine zu geringe Strahlendosis, wie für die auf Abb. 1 dargestellte Trägerkombination gezeigt werden kann.

Die Angaben erfolgen nach der bei uns üblichen Standardisierung, die praktisch eine Modifikation der Manchester Methode darstellt:

Ra-Trägerkombination	Punkt A (2 cm)	Punkt B (6 cm=Beckenwand)
50 mg Platte + 60 mg Stift	160 R/h	24 R/h
Kombination wie oben, Liegedauer 15 Stunden	2400 R	360 R

Durch das Hereindrängen von Radiumpräparaten in die seitlichen Scheidengewölbe läßt sich unter Anwendung von Kolpostaten (Pariser Methode) der Abstand zur Beckenwand zwar etwas verringern, es bleibt jedoch die Gefährdung von Blase und Rektum infolge der allseitigen nicht abschirmbaren Strahlung.

So ist zusammenfassend für die Radiumtherapie festzustellen, daß sie nur dort angewendet werden sollte, wo der Tumor den Radiumträger voll umschließt, also beim Cervix- bzw. Portiokarzinom und mit Einschränkung beim Korpuskarzinom. In diesen Fällen bestehen fast immer günstige Bedingungen für eine Kontakttherapie.

Ähnlich liegen die Verhältnisse für die von BECKER und SCHEER ⁷ inaugurierte, mancherorts geübte intrakavitäre Therapie mit Co ⁶⁰-Strahlern in Form von Perlen beim Korpuskarzinom.

Im allgemeinen läßt sich bei der intravaginalen Anwendung der beiden vorgenannten γ -Strahler eine Ausnutzung des quadratischen Abstandsgesetzes zur Erhöhung der relativen Tiefendosis und damit der Dosis im Parametrium und an der Beckenwand nicht erreichen. Die hierzu erforderlichen Schwermetallabschirmungen sind wegen ihres Gewichtes und ihrer Dimensionierung indiskutabel. Es war jedoch nahe-
liegend, die Verwirklichung dieses Prinzips mit einem radioaktiven Strahler mittlerer Quantenenergie anzustreben. Brauchbare Apparaturen zur Durchführung einer solchen Bestrahlung wurden von TUDWAY⁸⁹ und GAUWERKY^{29,30} angegeben. Während TUDWAY hierzu das Iridium¹⁹² - Halbwertszeit 70 Tage - in Form eines vor die Portio gelegten Strahlers benutzt, bei dem alle Strahlung mit Ausnahme der auf die Parametrien gerichteten durch Schwermetallabschirmungen ausgeblendet wird, verwendet GAUWERKY hierzu das Cäsium¹³⁷ mit seiner wesentlich günstigeren Halbwertszeit von 30 Jahren in seinem Portioblock und Vaginalzylinder. Hiervon ist besonders der Portioblock interessant, da er eine begrenzte zusätzliche Dosis an den Parametrien und der Beckenwand ermöglicht. Die Distanzierung des Strahlers wird durch einen sterilisierbaren Kunststoffblock erreicht, in den zur Abschirmung Wolframplatten in verschiedenen

Richtungen eingebracht werden können. Die eigentliche Strahlenquelle, das Cäsium ¹³⁷, befindet sich zentral in der Mitte des Portioblockes. Durch entsprechende Kombination der Wolframplatten läßt sich eine bevorzugte Strahlungsrichtung festlegen. Die resultierenden Isodosen demonstrieren eindrucksvoll die bei GAUWERKYs Methode durch Abschirmung erreichte einseitige Schwächung der Strahlung. Es gelingt hierdurch, parametrische Infiltrate mit einer höheren Dosis zu belasten als es mit Radium allein möglich wäre. Die Wolframabschirmung gewährleistet einen genügenden Schutz der Nachbarorgane. GAUWERKY ²⁹ betont die Ähnlichkeit seiner Bestrahlungsmethode mit der anschließend zu besprechenden Wirkungsweise des Körperhöhlenrohres hinsichtlich des Fokushautabstandes und der Richtungsmöglichkeiten.

- b) Die intrakavitäre Kleinraumbestrahlung mit Röntgenstrahlen: Körperhöhlenrohre und transvaginale Methoden.

Der intrakavitären (intravaginalen bzw. intrauterinen) Anwendung radioaktiver γ - Strahler in der Gynäkologie sind durch den Abstand des Tumors vom strahlenden Präparat und die Probleme einer gezielten Abschirmung des Strahlers oft unüberwindliche Grenzen gesetzt, wie unter 2 a) im vorigen Abschnitt näher ausgeführt wurde. So beschäftigte

man sich schon frühzeitig, etwa seit 1930, damit, die leicht abschirmbare Röntgenstrahlung für eine gezielte intrakavitäre Kleinraumbestrahlung auszunutzen. Hierbei wurden zwei grundsätzlich unterschiedliche Methoden entwickelt:

- 1.) die intravaginale Bestrahlung mit innerhalb der Vagina liegendem Röhrenfokus (CHAOUL ¹⁷; KEPP ⁴⁵; SCHAEFER und WITTE ^{79,80}).
- 2.) Die transvaginale Bestrahlung mit außerhalb der Vagina liegendem Röhrenfokus (HEUSER ³³; DEL REGATO ⁷⁰; SANGSTER ⁷⁸; TESCHENDORF ⁸³; TAYLOR und TWOMBLY ⁸⁶; TWOMBLY und CHAMBERLIN ⁸⁷)

Ungeachtet der historischen Entwicklung soll die intravaginale Methode hier wegen ihrer weiteren Verbreitung zuerst behandelt werden.

Alle intravaginalen Bestrahlungsmethoden basieren praktisch auf dem Prinzip der Nahbestrahlung mit kleinem Fokushautabstand (CHAOUL ¹⁷). Neben dem effektiven Vorteil einer hohen Dosisleistung und der Möglichkeit einer gezielten Bestrahlung haftet ihnen naturgemäß damit auch der Nachteil eines steilen Dosisabfalls zur Tiefe hin an, der primär von CHAOUL zwar angestrebt wurde, sich bei der Bestrahlung tiefer im Gewebe gelegener Prozesse tumoröser Art hier jedoch negativ auswirkt, wie später gezeigt werden wird. CHAOUL ¹⁸ entwickelte seine Nahbestrahlung ursprünglich

mit dem Ziel, ihre Anwendung und Wirkung, kurz die klinische Leistungsfähigkeit, der Radiumkontakttherapie anzupassen. Dabei ging er von der Voraussetzung aus, daß bei der Nachahmung der Radiumkontakttherapie, der Strahlenqualität keine Bedeutung beizumessen sei (CHAOUL und WACHSMANN ²⁰). Hierdurch erklärt sich die Verwendung der relativ weichen Röntgenstrahlung für die Nahbestrahlung.

Der steile Dosisabfall des Radiums wird bei der Nahbestrahlung mit der Schräganodenröhre durch den kurzen Fokushautabstand von 1,5, 3, 5 oder 7 cm erzielt. - Die Spitzenanodenröhre soll bei diesen Betrachtungen außer acht gelassen werden. Die Eignung der CHAOULschen Apparatur für die intrakavitäre Anwendung ergibt sich durch die Verlegung der Anode in das kleinkalibrige, halsförmige Ansatzstück der Bestrahlungsröhre (Hohlanode). Zur Bestrahlung werden dabei diejenigen Anteile der Röntgenstrahlen benutzt, die das Anodenblech durchsetzen.

Durch die kurzen Fokushautabstände werden trotz der niedrigen Energie von nur 60 kV bei der ursprünglichen CHAOULschen Apparatur hohe Dosisleistungen von 200 - 600 R/min erreicht. Bei annähernd gleichen Bedingungen entfallen hierdurch die langen Liegezeiten des Radiums. Das Prinzip der protrahierten

Radiumbestrahlung kann also zugunsten einer einfachen Fraktionierung aufgegeben werden. Wie von CHAOUL und WACHSMANN ²² besonders hervorgehoben wird, gestattet diese Fraktionierung eine Beobachtung des Tumors über einen sehr viel längeren Zeitraum und gleichzeitig eine Anpassung der verabreichten Dosis an jeden einzelnen Bestrahlungsfall.

In ihrem grundsätzlichen Aufbau und in ihrer Anwendung unterscheidet sich die von SCHAEFER und WITTE ^{79,80} entwickelte wesentlich schwerere Hohl-anodenröhre, die von KEPP und MARTIUS zum Aufbau in ihrer Göttinger Bestrahlungsmethode benutzt wurde, nur wenig von der CHAOULschen Apparatur. Sie arbeitet mit Spannungen um 100 kV und wurde bei der Göttinger Methode zusätzlich zur Ra- und perkutanen Röntgentherapie eingesetzt (KEPP ⁴⁴; MARTIUS ⁵⁸; MARTIUS und KEPP ⁵⁹). Die CHAOULsche Nahbestrahlung war ursprünglich nur für die Therapie unmittelbar zugänglicher Tumoren gedacht, wobei der Zugang notfalls operativ, wie bei der Bestrahlung des Rektumkarzinoms (CHAOUL ¹⁹), geschaffen wurde. Diesem Prinzip entsprachen auch die anfänglich für die Bestrahlung vorgesehenen Tubusformen, die auch für die intrakavitäre Therapie Verwendung fanden (CHAOUL und WACHSMANN ²³). Die Durchstrahlung ausgedehnter Schichten gesunden Gewebes lehnte CHAOUL ab

(CHAOUL und WACHSMANN²⁴; KEPP und WACHSMANN⁵¹). So wurde von CHAOUL die Göttinger Bestrahlungsmethode auch nicht als Nahbestrahlung angesehen (CHAOUL und WACHSMANN²⁴). Um neben der direkten Tumorbestrahlung, im Sinne des CHAOULschen Gedankens, auch durch gesunde Gewebsschichten hindurch parametranne und Beckenwandinfiltrationen beim gynäkologischen Karzinom therapeutisch beeinflussen zu können, wurden neue Tubusformen mit günstigerem Isodosenverlauf entwickelt (KEPP und WACHSMANN⁵¹). Diese gestatten es, die inzwischen modifizierte und wesentlich leichtere CHAOULsche - 60kV - Apparatur für die Göttinger Bestrahlungsmethode einzusetzen und damit die Applikationstechnik zu vereinfachen. Neuere, ebenfalls geringdimensionierte Röhrentypen der verschiedensten Firmen arbeiten mit variablen Spannungen bis zu 100 kV.

Bei allen Geräten dieser Art steht, wie schon erwähnt, dem Vorteil einer fraktionierten gezielten Kleinraumbestrahlung mit relativ hoher Oberflächen-dosis der steile Dosisabfall zur Peripherie hin als Nachteil gegenüber. Daraus ergibt sich, daß eine ausreichend hohe Dosis bei der intravaginalen Bestrahlung beckenwandnaher Prozesse nur unter Inkaufnahme einer unverhältnismäßig hohen Vaginalwandbelastung erreicht werden kann. So entspricht beim Tubus S-4 der 60 kV-

Röhre einer Dosis von 2 400 R an der Beckenwand eine Scheidenhaut (Oberflächen) - Dosis von 28 000 R. Beim Tubus S-3 beträgt sie bei gleicher Beckenwanddosis sogar 33 600 R (HOFMANN ³⁶). Die Toleranzdosis der Vaginalhaut beträgt demgegenüber nach TISCHER ⁸⁴ bei 12-facher Fraktionierung und jeweils 48-stündigen Bestrahlungspausen etwa 30 000 R. Die Wahrscheinlichkeit, diese Toleranzgrenze zu erreichen und sogar zu überschreiten, ist demnach nicht gering, woraus dann schlecht heilende und für die betroffenen Patientinnen außerordentlich quälende Fistelbildungen resultieren würden. So beschränkte sich die standardisierte Anwendung der Hohlanodenröhre bei der Göttinger Methode dann auch auf eine Zusatzbestrahlung gynäkologischer Geschwülste mit parametraner Infiltration oder Beckenwandbefall. Des weiteren wurden Rezidivtumoren sowie vaginale Tumoraussaat mit dieser Bestrahlungsart behandelt (KEPP ⁴⁵; MARTIUS und KEPP ⁵⁹).

Bei allem heute berechtigten Vorbehalt gegen eine universelle Anwendung dieser Therapie muß jedoch berücksichtigt werden, daß durch die Wahl dieser Applikationsform in Zusammenhang mit der dadurch erreichten Verminderung der perkutan einzustrahlenden Röntgendosis eine echte Einsparung an Volumendosis erzielt wurde, verbunden mit einer Erhöhung der relativen Herdraumdosis. Zudem waren die Erfolge, die

unter massivem Einsatz der Körperhöhlenbestrahlung nach der Göttinger Methode, insbesondere bei Rezidiven erreicht wurden, beachtlich (KEPP⁴⁷; KEPP und ATHANASSIU⁵⁰). So berichtet KEPP über 5 Jahresheilungen von 18,5 % bei Tumorrezidiven! RIES und BREITNER⁷⁶ erreichten zur gleichen Zeit nur 1,9 %.

Die Entwicklung der ultraharten Therapie hat es mit sich gebracht, daß die Indikationsstellung für eine intravaginale Bestrahlung von Rezidiven im Parametrium und an der Beckenwand mit der Hohlanodenröhre heute außerordentlich streng sein sollte. Die Anwendung bei oberflächlich gelegenen Prozessen ist jedoch nach wie vor erfolgversprechend und indiziert.

Die transvaginale Bestrahlung mit Röntgenstrahlen, also mit außerhalb des Körpers gelegenen Röhrenfokus, hat demgegenüber nicht solche Verbreitung gefunden, obwohl die Entwicklung ihrer Methodik schon wesentlich vor der Einführung der Hohlanodenröhre in die Therapie gynäkologischer Karzinome begann. So geht der erste Versuch einer transvaginalen Röntgenbestrahlung durch CALDWELL, zit. HEUSER³³, bis auf das Jahr 1902 zurück. Während die Methode in der USA weite Verbreitung und Verbesserungen erfuhr, wurde sie in Deutschland lediglich von TESCHENDORF⁸³

in bedeutenderem Maße aufgegriffen und modifiziert. So entwickelte er u.a. für die zur Einstellung benutzten röhrenförmigen Vaginalspekula eine Spezialoptik, welche eine Lagekontrolle des eingeführten Spekulum ermöglichte. Bereits 1939 konnte er über seine Ergebnisse bei 92 mit dieser Methode bestrahlten Patientinnen berichten. In den Vereinigten Staaten waren es vor allem TAYLOR und TWOMBLY⁸⁶, TWOMBLY und CHAMBERLIN⁸⁷ sowie DEL REGATO⁷⁰, die mit zum Teil unterschiedlichen Techniken eine Weiterentwicklung der transvaginalen Methodik anstrebten. Ein bedeutender Vorteil der transvaginalen Bestrahlung liegt in ihrer unkomplizierten, an keinerlei größeren apparativen Aufwand gebundenen Technik. So erfordert ihre Durchführung lediglich das Vorhandensein einer Anlage für die konventionelle Röntgentiefentherapie. Durch einfache Umbauten lassen sich leicht die jeweils verwendeten Tubusformen bzw. Spekula an der Bestrahlungsröhre anbringen. HEUSER³³ hat aus diesem Grunde die transvaginale Bestrahlungsmethode Ende der fünfziger Jahre aufgegriffen und erneut propagiert. Die zur Ausrichtung des Strahlenbündels in der Vagina benutzten Spekula sind nicht einheitlich. HEUSER³³, TAYLOR und TWOMBLY⁸⁶, TWOMBLY und CHAMBERLIN⁸⁷ sowie TESCHENDORF⁸³ benutzen Metallröhrenspekula, welche

intravaginal eingeführt eine größtmögliche Schonung von Blase und Rektum ermöglichen, da die Röntgenstrahlung die Röhrenwand nicht zu durchdringen vermag. Hieraus ergeben sich allerdings sehr kleine verfügbare Feldgrößen, was dieser Spekulumform als Nachteil angelastet werden muß. DEL REGATO ⁷⁰ benutzt deshalb strahlendurchlässige Kunststoffspekula, die diesen Nachteil nicht haben, weil sie eine begrenzte Ausnutzung der Divergenz des Strahlenbündels erlauben. Es ergibt sich daraus jedoch durch die erhöhte Vaginalwandbelastung gleichzeitig die Gefahr einer Strahlenschädigung der Nachbarorgane. HEUSER ³³ erwähnt in seiner zusammenfassenden Darstellung als weitere gebräuchliche Form spreizbare Spekula, welche ebenfalls unter Ausnutzung der Strahlendivergenz bei erweiterter Scheide größere Bestrahlungsfelder ermöglichen.

Einer gesonderten Betrachtung bedarf noch der von SANGSTER ⁷⁸ für die transvaginale Bestrahlungstechnik entwickelte Tubus mit Kulissenfiltern. Er ist gegenüber den vorerwähnten Spekulatypen an seinem unteren Ende verschlossen. Der Austritt der Röntgenstrahlung erfolgt durch eine seitliche Öffnung die mit Kulissenfiltern versehen ist. Diese Strahlung wird durch einen Streuzusatz, welcher im Tubus durch eine

eingebraachte Streumasse erzeugt wird, verstärkt. Der Tubus wird von SANGSTER für die Bestrahlung der Parametrien eingesetzt. In gewisser Weise ähnelt er den Tubusformen S-3 und S-4 der Hohlanodenröhre, bietet jedoch günstigere Verhältnisse hinsichtlich der erreichbaren Tiefendosis. Es bestehen jedoch gleichzeitig erhebliche Dosispitzen, die für eine Bestrahlung ungünstig sind.

Die von den einzelnen Autoren angegebenen Filterungen und Fokushautabstände sind nicht einheitlich. Die Bestrahlung erfolgt sowohl unter Halbtiefen- als auch Tiefentherapiebedingungen.

TAYLOR und TWOMBLY⁸⁶, TWOMBLY und CHAMBERLIN⁸⁷ und HEUSER³³ wenden die transvaginale Bestrahlung auch in Form einer Mehrfeldermethode an. Sie bestrahlen unter nahezu übereinstimmenden Bedingungen 3 nebeneinander liegende kleine Felder, wobei die beiden äußeren gegenüber dem mittleren Feld um 30° nach lateral eingekippt werden. TWOMBLY und CHAMBERLIN applizieren hierbei pro Feld eine Oberflächendosis von 4 500 R. Anhand des mitgeteilten Isodosenverlaufes läßt sich dabei für die Beckenwand eine Dosis von etwa 1 460 R, entsprechend 32,4 % der eingestrahlten Dosis, errechnen. Die Verhältnisse liegen also gegenüber der Bestrahlung mit dem Körperhöhlenrohr hier wesentlich günstiger, worauf auch HEUSER³³ bei

der Betrachtung der Parametrienbestrahlung vergleichend hinweist. Er selbst appliziert Oberflächendosen von 6 000 R pro Feld. HEUSER betont jedoch, daß als Voraussetzung für die transvaginale Bestrahlung parametraner Infiltrate eine genügende Weite der Vagina vorhanden sein muß, um eine Ausrichtung des Röhrenspekulums auf den Herd zu gewährleisten. Auch KEPP ⁴⁹ äußert sich skeptisch hinsichtlich der mit dieser Technik infolge anatomischer Gegebenheiten erreichbaren Einstellungen. Gleichzeitig hebt er jedoch die zum Teil günstigen Ergebnisse der Bestrahlungsmethode hervor.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die transvaginale Bestrahlung die Bedingungen, die für eine Kleinraumbestrahlung gefordert werden müssen, erfüllt. Dem gegenüber der Hohlanodenröhre erreichten Gewinn an relativer Tiefendosis stehen jedoch einige gravierende Nachteile, wie geringe Strahlendivergenz, kleine Feldgrößen und mangelnde Ausrichtbarkeit der Strahlung auf parametranen Infiltrationen entgegen. Hiermit ist vielleicht auch zu erklären, daß diese Methode trotz außerordentlich günstiger Bedingungen hinsichtlich des apparativen Aufwandes als Zusatzbestrahlung keine Verbreitung gefunden hat.

- c) Versuche intrakavitärer Kleinraumbestrahlungen unter Anwendung von Curiekleinanlagen: Radium- und Kobaltkanonen.

Abschließend soll hier noch eine Methode erwähnt werden, die unter Ausnutzung des quadratischen Abstandsgesetzes eine Erhöhung der relativen Tiefendosis durch den Einsatz sogenannter "Radium- oder Kobaltkanonen" für die gezielte intrakavitäre Bestrahlungsbehandlung anstrebte. Bereits 1938 beschäftigte sich DU MESNIL DE ROCHEMONT⁶⁶ intensiv mit dem Problem einer intravaginal anwendbaren Radiumkanone und führte die hierzu notwendigen theoretischen Überlegungen durch. Dieses Gerät ist dann jedoch offensichtlich nie gebaut worden. Neben dem hohen Preis des für die Füllung notwendigen Radiums, dürften das durch die notwendige Abschirmung zwangsläufig erreichte hohe Gewicht sowie die Ausmaße die Konstruktion dieser Apparatur verhindert haben. Dieses bereits bei der Radiumkontakttherapie erwähnte Problem einer ungenügenden Abschirmung der Nachbarorgane vor einer zu hohen Bestrahlungsdosis durch Schwermetallschichten ließ sich infolge der anatomisch begrenzten Abmaße der Vagina bzw. anderer Körperöffnungen auch dann nicht befriedigend lösen, als durch die Entwicklung der Uranmeiler billigere γ -Strahler mit

hoher Energie, wie z.B. das Kobalt ⁶⁰, zur Verfügung standen. Daher gelangten nur wenige dieser Geräte zum praktischen Einsatz, so die "Vaginalbomben" von NEARY in New York, von BLOMFIELD in Sheffield und das "Mandrin par source axiale" von SWYNGEDOUW in Lille (zit. GAUWERKY ²⁹). Durch die moderne Strahlentherapie mit ihren derzeitigen Möglichkeiten dürfte sich zudem eine Weiterentwicklung dieser doch recht aufwendigen Geräte erübrigen.

3.) Die Bewegungsbestrahlung als Kleinraummethode.

Bei der Besprechung älterer Methoden der Kleinraumbestrahlung darf die Bewegungsbestrahlung nicht unerwähnt bleiben. Wenn auch ihre Verwandtschaft mit den bisher betrachteten Verfahren auf den ersten Blick nicht gegeben scheint, hat die Bewegungsbestrahlung mit ihnen dennoch einen Grundgedanken gemeinsam, nämlich das Prinzip, bei möglichst niedrig gehaltener Volumendosis eine hohe Dosis an den eigentlichen Tumorherd heranzubringen, also eine Erhöhung der relativen Herdraumdosis zu erreichen. Ihre Entwicklung erfolgte als man erkannt hatte, daß mit der konventionellen Röntgentiefentherapie keine besseren klinischen Ergebnisse bei der Behandlung tiefliegender Tumoren zu

erreichen waren. Entscheidende Impulse kamen hierzu u. a. von DU MESNIL DE ROCHEMONT⁶⁵ und NEUMANN und WACHSMANN⁶⁷. Später wurde sie auch von anderen aufgegriffen, zumal sie nach WACHSMANN und BARTH⁹² nichts anderes ist als eine logische konsequente Weiterentwicklung der Kreuzfeuerbestrahlung. Man kann die Bewegungsbestrahlung demnach auch als eine Aneinanderreihung vieler kleiner Einzelfelder betrachten. Sie gestattet eine erhebliche Dosiserhöhung am Herd, da die Rücksichtnahme auf ein mögliches Erreichen der Hauttoleranzdosis durch die Vergrößerung der als Strahleneintrittspforte benutzten Hautoberfläche entfällt. Des weiteren wird durch die räumliche Konzentration der Dosis auf den Herd die Gefahr der Mitschädigung gesunder Organe herabgesetzt. Eine Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens des Patienten im Sinne des sogenannten "Strahlenkaters" tritt nicht auf, was auf die gegenüber der Kreuzfeuermethode deutlich verringerte Volumendosis zurückzuführen ist. Die für eine Kleinraumbestrahlung geforderten Bedingungen werden also von der Bewegungsbestrahlung erfüllt. Nur so wird es verständlich, daß BARTH seine bei experimentellen Untersuchungen unter Nahbestrahlungsbedingungen gefundenen Ergebnisse hinsichtlich der Strahlenempfindlichkeit innerer Gewebe mit gewissen

Einschränkungen auf die Bewegungsbestrahlung übertragen kann (WACHSMANN und BARTH ⁹³). WACHSMANN und BARTH ⁹³ berichten, daß bei bestimmten Tumorformen Herddosen bis zu 10 000 R ohne Schwierigkeiten vertragen wurden.

Optimale Bedingungen für die Bewegungsbestrahlung ergeben sich bei der Behandlung kleinerer, räumlich begrenzter Tumorlokalisationen, wobei die absolute Herdtiefe dem Prinzip der Methode entsprechend von untergeordneter Bedeutung ist. Auf gynäkologischem Gebiet ist sie daher besonders zur Bestrahlung parametraner Infiltrate geeignet, wozu sie auch von BAEUMER ¹ und früher schon von NEUMANN und WACHSMANN ⁶⁷ eingesetzt wurde. Ebenfalls eignet sie sich ausgezeichnet für die Behandlung von Tumorrezidiven, wenn bereits durch eine hochdosierte Stehfeldbestrahlung die äußere Haut bis an die Nähe ihrer Toleranzgrenze belastet ist. Theoretisch wird die jeweils günstigste Form der Bewegungsbestrahlung durch die Lokalisation des Tumors bestimmt. In den seltensten Fällen werden jedoch Geräte zur Rotations-, Pendel- und Konvergenzbestrahlung gleichzeitig zur Verfügung stehen, so daß die Praxis hier andere Gesichtspunkte schafft. Eine absolute Überlegenheit einer Bewegungsbestrahlungsmethode über die andere besteht jedoch nicht, wie von WACHSMANN und BARTH ⁹⁴

ausdrücklich hervorgehoben wird.-Welcher Wert der Bewegungsbestrahlung noch heute beigemessen wird zeigt die Übernahme einiger ihrer Standardmethoden in die moderne Strahlentherapie mit Telecurieeinheiten und Beschleunigeranlagen. Erwähnt sei hierbei nur der günstige Einsatz der harten und ultraharten Bestrahlungsformen für die biaxiale Pendelung beim gynäkologischen Karzinom, wie KIVINIITY und UNNERUS⁵³ sowie WELKER⁹⁵ an eindrucksvollen Isodosenbildern demonstrieren. Allerdings spielen bei der Bewegungsbestrahlung unter Supervoltbedingungen auch andere Gesichtspunkte als die voraus erwähnten eine Rolle, worauf hier jedoch nicht eingegangen werden soll.

III. DIE INTRAKAVITÄRE KLEINRAUMBESTRAHLUNG MIT SCHNELLEN ELEKTROKEN EINES 18 MeV-BETATRONS.

1.) Grundsätzliches zur Anwendung der Elektronenstrahlung des Betatrons.

Der strahlentherapeutischen Abteilung im Städt. Krankenhaus Moabit steht neben der konventionellen Therapie, einer 3 000 Ci Co ⁶⁰-Telegammaeinheit sowie einer 2 000 Ci Cs ¹³⁷-Telegammaeinheit seit dem Jahre 1968 auch das 18 MeV-Betatron der Firma Siemens zur Verfügung. Die Wahl dieser Apparatur erschien uns in Hinsicht auf Dimensionierung, Beweg-

lichkeit, Leistung und Vielseitigkeit ihrer Anwendung als die ideale Ergänzung der bereits vorhandenen Therapieanlagen. Da von vornherein nicht die Absicht bestand, die bei uns sich seit vielen Jahren bewährende, standardisierte und in sogenannten Typen, z.B. G-Typ und R-Typ (BIRKNER und HINZ ¹²), festgelegte Telegammatherapie aufzugeben oder zu verändern, konnten viele sonst für die Anschaffung eines solchen Gerätes ausschlaggebenden Momente außer acht gelassen werden. So erfolgt der Einsatz unseres 18 MeV-Betatrons dann auch individuell, wobei das Hauptgewicht auf die Anwendung der Elektronenstrahlung gelegt wird. Die schnellen Elektronen besitzen als reine Korpuskularstrahlung im Gegensatz zu den elektromagnetischen Wellen des Röntgen- und γ -Bereiches eine begrenzte, stark energieabhängige Reichweite. Sie beträgt in Wasser etwa 0,5 cm/MeV. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, durch Wahl der Energie die Reichweite der Strahlung festzulegen, was einer optimalen Schonung der hinter dem Bestrahlungsherd liegenden Gewebsschichten gleichkommt. Der Tiefendosisverlauf ist jedoch nicht nur von der Energie, sondern auch von der Feldgröße abhängig. Ist der Durchmesser des Bestrahlungsfeldes gleich oder größer als die Reichweite der Elektronen, verläuft die Tiefendosiskurve rein energieabhängig.

Bei kleineren Felddurchmessern wird dagegen die Abhängigkeit ihres Verlaufs von der Größe des jeweils gewählten Feldes sichtbar, wie eingehende Untersuchungen von GUND und SCHITTENHELM³², GUND und WACHSMANN³¹, BERGER und PAUL⁹ und V.D. DECKEN²⁵ ergeben haben. Die Verwendung kleinerer Elektronentubusse führt danach zwangsläufig zu flacheren Kurvenverläufen. - Maßgebend für die Tiefenwirkung einer Bestrahlung ist nicht ihre absolute Reichweite, sondern die Lage einer bestimmten Isodose. Bei einer Elektronenstrahlung von 18 MeV Energie und großem Tubus liegt die 70 % Isodose, die allgemein als Richtwert angenommen wird, bei etwa 70 % der Reichweite, das bedeutet bei etwa 6 cm Gewebstiefe. Bei der Verwendung kleinerer Tubusformen, mit z.B. 3 cm Durchmesser liegt die gleiche Isodose immerhin noch zwischen 4,5 und 5 cm Gewebstiefe. (50 % Isodose zwischen 5,5 und 6 cm). Daher ist das 18 MeV Beta-tron bei der Verwendung der Elektronenstrahlung für die Halbtiefentherapie, unter der derzeit üblichen Erweiterung des Begriffes, ausgezeichnet geeignet. Die relative biologische Wirksamkeit (RBW) der Elektronenstrahlung beträgt nach KÄRCHER⁴² 0,7 - 0,8. Eine sonderliche Erhöhung der Energiedosen gegenüber der konventionellen Röntgenstrahlung zur Erzeugung gleich hoher Resultate am Tumor ist daher, wie vom

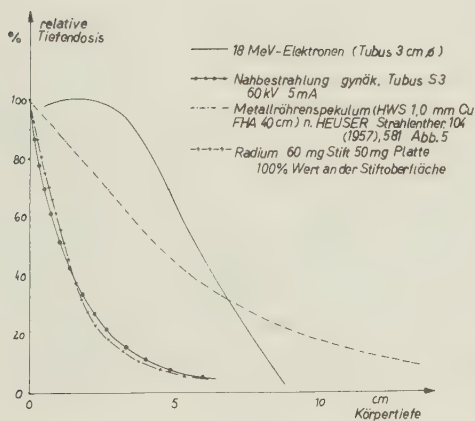
gleichen Autor hervorgehoben wird, nicht notwendig. Auf die günstigen Verhältnisse hinsichtlich geringer Volumendosis und die dadurch erreichte Schonung des Gesamtorganismus bei der Bestrahlung mit schnellen Elektronen hat erst kürzlich WIDERÖE ⁹⁸ hingewiesen. Er befürwortet deshalb insbesondere auch die Tiefentherapie mit dieser Strahlung. Demgegenüber sprechen sich BREITLING und VOGEL ¹⁴ auf Grund früherer physikalischer Untersuchungen und Phantommessungen entschieden gegen die Anwendung der Elektronenstrahlung für den Bereich der Tiefentherapie aus. Sie weisen dabei auf die möglichen Inhomogenitäten der Strahlung beim Durchgang durch verschiedene Gewebsarten hin. Bei der Halbtiefentherapie mit schnellen Elektronen lassen sich dagegen diese Faktoren leichter überblicken und ausschalten.

Die voraus geschilderten günstigen Eigenschaften der Elektronenstrahlung erweckten bei uns den Wunsch, unsere gynäkologischen Bestrahlungstypen durch eine zusätzliche intrakavitäre Therapie mit dem Betatron zu erweitern. Mit dem gleichen Problem hatten sich schon früher MARKUS und PAUL ⁵⁶, SCHERLUND, OBERHEUSER und KUTTIG ⁸² sowie BECKER, KÄRCHER und WEITZEL ⁶ beschäftigt, die ebenfalls eine intravaginale Bestrahlung mit schnellen Elektronen durchführten. BECKER ⁵ benutzte die Elektronenstrahlung auch für

eine intravaginale Therapie beim Blasenkarzinom der Frau. - Gegenüber diesen vereinzeltten Anwendungen haben wir uns bemüht, diese Methode der intrakavitären Kleinraumbestrahlung so zu entwickeln und zu vereinfachen, daß sie zusätzlich zu den Standardbehandlungen gynäkologischer Tumoren eingesetzt werden kann.

Abb. 3 veranschaulicht den wesentlich günstigeren Verlauf der Tiefendosis schneller Elektronen von 18 MeV Energie im Vergleich mit anderen in der gynäkologischen Strahlentherapie häufig angewandten Methoden einer intrakavitären Kleinraumbestrahlung.

Abb. 3



Zur Durchführung der intrakavitären Bestrahlung mit dem 18 MeV Betatron waren umfangreiche bauliche Veränderungen am Bestrahlungstisch, an der Tubushalterung und den entsprechenden Elektronentubussen notwendig. Die Arbeiten wurden in eigener Werkstatt durchgeführt.

2.) Notwendige technische Umbauten zur Durchführung unserer Bestrahlungsmethode.

a) Änderungen am Bestrahlungstisch:

Der Bestrahlungstisch (Patientenlagerungstisch S der Firma Siemens) ist in seiner ursprünglichen Form für die Durchführung einer intravaginalen Bestrahlung ungeeignet. Die Drehbarkeit wird in der Querrichtung, also parallel zur Schwenkrichtung des Strahlerkopfes durch einen Anschlag begrenzt, so daß eine Drehung über 90° hinaus nicht möglich ist. Gleichzeitig ist in dieser Stellung die Arretiermöglichkeit für den Drehmechanismus durch die dort befindliche Kabeltrommel blockiert, so daß auch die Drehbarkeit in anderer Richtung aus der 90° Position heraus stark eingeschränkt ist. Ein weiterer Nachteil ergibt sich daraus, daß der mit Beinhaltern versehene quergestellte Tisch unverhältnismäßig viel Platz beansprucht. Hierdurch wird das

medizinische Personal bei der Einstellarbeit stark behindert. Wir entschlossen uns daher zur Konstruktion eines auf den Bestrahlungstisch leicht aufzusetzenden Zusatzgestells, nach Art der Liegefläche eines herkömmlichen gynäkologischen Untersuchungsstuhles, mit Vorrichtungen zum Anbringen von Beinhaltern. Dazu wurden zwei entsprechend gebogene, mit Versteifungen und angeschweißten Vierkantfüßen versehene Streifen Bau-
stahl (Querschnitt 6x50 mm) als seitliche Träger in eine aus Glasfasermatten und Kunststoff modellierte Liegefläche eingebettet. Diese ist an ihrem unteren Ende zur Raumgewinnung für die Tubushalterung des Betatrons mit einer Aussparung versehen. Beinhalter können mühelos angebracht werden. Durch die nur seitlich in der Liegefläche untergebrachte Stahlversteifung ist auch eine Therapie mit ultraharter Röntgenstrahlung ohne Gefährdung durch Sekundärstrahlung möglich. Dieses Gestell läßt sich mühelos auf den eigentlichen Bestrahlungstisch nahe dem Drehpunkt aufsetzen und festschrauben. Den für die Bestrahlung fertig hergerichteten Tisch zeigen die Abb. 4 und 5.

Abb. 4

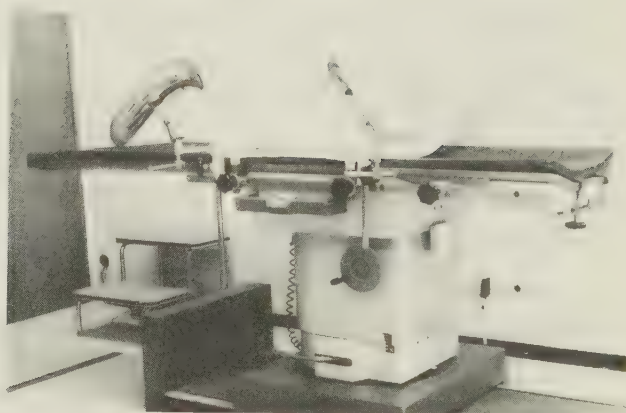
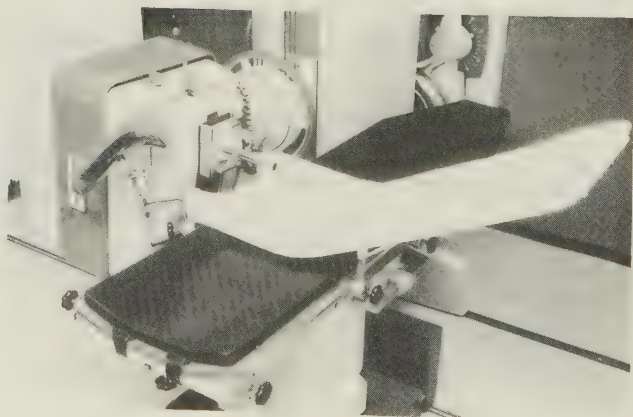


Abb. 5



Der Bestrahlungstisch kann in Längsrichtung benutzt werden. Alle Bedienungselemente sind gut zugänglich, die erreichte Beweglichkeit in allen Ebenen ist optimal. Die Gradeinteilung am Tischfuß ist deutlich sichtbar und gewährleistet jederzeit reproduzierbare Winkleinstellungen nach beiden Seiten, welche vorher nicht möglich waren.

b) Änderungen an der Tubushalterung des Betatrons.

Die ursprünglich für das 18 MeV Betatron mitgelieferte Halterung für Elektronentubusse, basierend auf grundlegende Arbeiten von V. D. DECKEN, BECKER und WEITZEL ²⁶, erwies sich als ungeeignet für unsere Zwecke. Die unhandlichen und häufig klemmenden Schraubverschlüsse erschweren insbesondere dann die Einstellarbeit, wenn nach Einführen des Bestrahlungstubus in die Vagina und Anschluß an die Halterung eine nachträgliche Lagekorrektur durch Tubusdrehung erforderlich wird. Wir ersetzten daher die ursprüngliche Konstruktion des Verschlusses durch einen in eigener Werkstatt entworfenen und angefertigten Schnappverschluß. Seine Funktion wird an den folgenden Abbildungen (Abb. 6 - 8) veranschaulicht:

Abb. 6

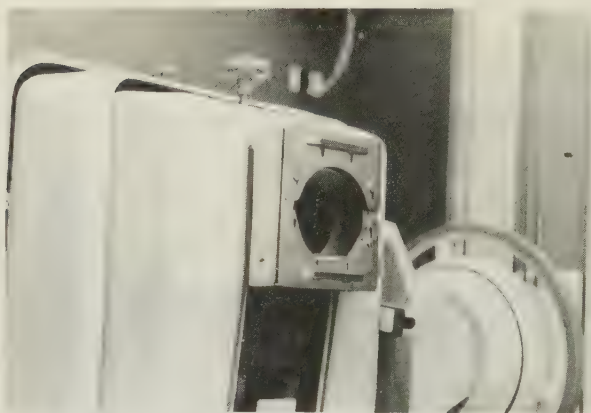
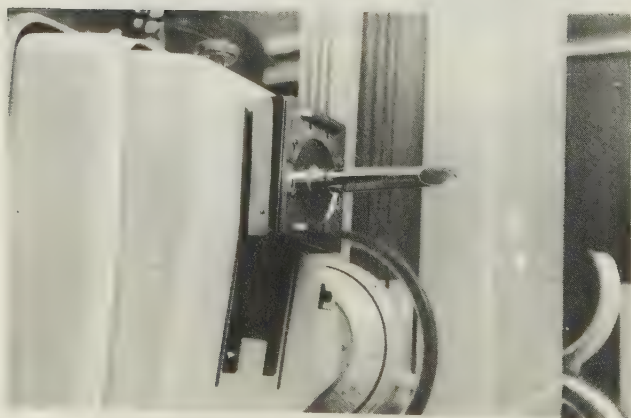


Abb. 7



Abb. 8



Die Bedienung des Verschlußmechanismus kann mit einer Hand geschehen. Nach Einführen eines Tubus in die Halterung werden die beiden symmetrisch gearbeiteten äußeren Verschlußplatten durch Federzüge automatisch in die richtige Endstellung gebracht, sobald die Hand den Verschlußmechanismus freigibt. Der Tubus wird so festgehalten, gestattet jedoch noch eine Drehung um seine Längachse für eventuelle Korrekturen der Einstellung. Nach geringfügigen Überarbeitungen einzelner Tubusse läßt sich an der neuen Halterung jetzt der gesamte mitgelieferte Tubusatz verwenden. Sorgfältige Messungen ergaben kein zusätzliches Auftreten einer Leckstrahlung, so daß die neue Verschlußkonstruktion der Halterung auch den Forderungen des Strahlenschutzes genügt.

c) Änderungen an den Elektronentubussen.

Für die intravaginale bzw. intrakavitäre Bestrahlung mit schnellen Elektronen kommen die kleinen Rundtubusse von 1-3 cm Durchmesser, sowie vorn am Strahlenaustrittsende abgeschrägte und daher oval geformte Tubusse (2,3 x 1,5 cm und 3,4 x 2,4 cm) zur Anwendung. Dem Schutz gegen das Eindringen von Vaginalsekret, sowie den hygienischen Bedingungen wird bei den Rundtubussen durch ein übergestreiftes

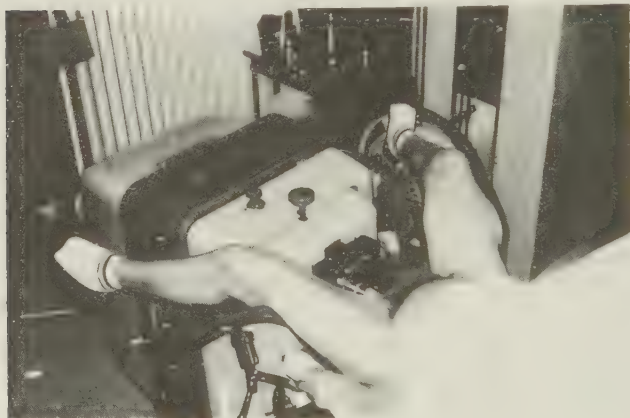
Kondom genügt. Die Schrägtubusse haben wir dagegen an ihrer Strahlenaustrittsseite mit einer dünnen Schicht Gießharz dauernd verschlossen. Die hierdurch entstandene glatte, an den Kanten etwas abgeschrägte Oberfläche erleichtert das sonst für die Patientinnen oft schmerzhaftes Einführen des Tubus in die Vagina ganz erheblich. Gleichzeitig werden hierdurch oberflächliche Faltenbildungen der Vaginalhaut und damit das Auftreten unerwünschter Dosis-spitzen im Bereich dieser Falten weitmöglichst vermieden. - Aus hygienischen Gründen wird zusätzlich ein Kondom benutzt. Der durch den Verschluss der Strahlenaustrittsöffnung bewirkte Verlust an Tiefendosis ist gering. Sämtliche Isodosen und Dosisangaben in späteren Abschnitten dieser Arbeit beziehen sich auf einen bereits verschlossenen Schrägtubus. Der verschlossene Tubus ist auf den Abbildungen 7 und 8 dargestellt.

3.) Die Ausführung der intrakavitären Bestrahlung (Bestrahlungstechnik).

Die Feldeinstellung bei der intravaginalen Betatronbestrahlung muß stets durch einen Arzt und zwei erfahrene medizinische Hilfskräfte erfolgen, wobei ein häufiger Wechsel des Personals unvorteilhaft ist.

Mit weniger Personal ist die Durchführung einer solchen Methode wegen der ihr naturgemäß anhaftenden Möglichkeit fehlerhafter Einstellungen, sowie der mit ihr verbundenen Verletzungsgefahr abzulehnen. Jeder Bestrahlung hat eine gynäkologische Untersuchung durch den Arzt vorauszugehen. Damit ist es möglich, Fistelbildungen frühzeitig zu erkennen, gleichzeitig läßt sich der Rückgang des Tumors ständig kontrollieren. Die Einführung des jeweiligen Bestrahlungstubus muß unter rectodigitaler Kontrolle durch den Arzt erfolgen, da nur so eine exakte Ausrichtung auf das vorher getastete Karzinom möglich ist. Anschließend werden Betatron und Bestrahlungstisch einander genähert und der in der Vagina liegende Tubus mit der Halterung gekoppelt. Bei winkelligen Einstellungen, wie sie bei der Bestrahlung parametraner Prozesse erforderlich werden, ist eine Korrektur der Tubuslage durch Drehung des Bestrahlungstisches noch während der Einstellung möglich. Die Magnetbremsen des Tisches fixieren jede Einstellung exakt. Da die Winkeleinstellung am Tischfuß abzulesen ist, lassen sich die Einstellungen ziemlich genau reproduzieren. Eine digitale Kontrolle der Tubuslage durch rektale Untersuchung ist nach Anschluß an die Halterung nicht leicht, sollte jedoch nach Möglichkeit durchgeführt werden.

Den zur intravaginalen Bestrahlung bei einer Patientin fertig eingerichteten Bestrahlungstisch nach Einführen des Elektronentubus und seiner Koppelung mit dem Betatron zeigt Abb. 9



Wir führen auch die intravaginale Bestrahlung mit dem Betatron in der bei uns bewährten Fraktionierung, d. h. in einem 48 Stundenrhythmus durch. Die tägliche Einzeldosis pro Feld schwankt zwischen 200 R (ca. 170 rad) und 400 R (ca. 340 rad). Wegen der Ausdehnung der tumorösen Prozesse betrug die Energie bei den von uns bestrahlten Fällen durchweg 18 MeV.

4.) Isodosen und Dosisprofilkurven.

Für die intravaginale Betatronbestrahlung mit schnellen Elektronen erwies sich der Schrägtubus 3,4x2,4 cm als am günstigsten. Die Einführung dieses Tubus in die Vagina gelingt nahezu mühelos in allen Fällen. Feldgröße und Ausrichtungsmöglichkeit sind unter den gegebenen räumlichen Bedingungen optimal. - Am Phantom durchgeführte Messungen ergaben für diesen Tubus jedoch erhebliche Abweichungen des tatsächlichen Isodosenverlaufes gegenüber den in der Betriebsanleitung für das Betatron enthaltenen Angaben.

Die folgenden Abbildungen (Abb. 10-12) veranschaulichen den von uns für den Schrägtubus 3,4x2,4 cm bei einer Energie von 18 MeV ermittelten Isodenverlauf.

Abb. 10

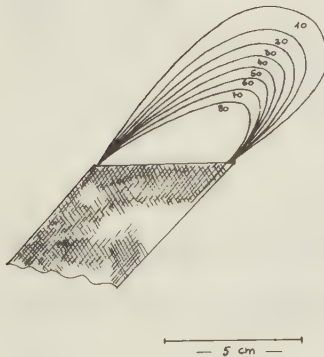




Abb. 11: Röntgenaufnahme bei eingeführtem Elektrentubus (Einstrahlwinkel 25°) mit maßstabsgerecht eingetragenen Isodosen. Kontrastmittelfüllung von Blase und Rektum.

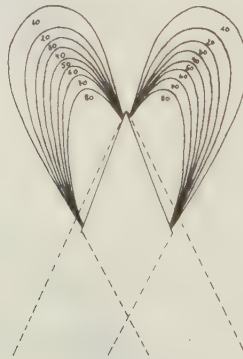


Abb. 12: Isodosenverlauf bei Einstrahlung über 2 intravaginale Felder (Einstrahlwinkel $\pm 30^{\circ}$)

Die Dosisverteilung in den Parametrien bei unseren gynäkologischen Bestrahlungstypen ohne und mit zusätzlicher intravaginaler Elektronenbestrahlung wird in den nachfolgenden Dosisprofilkurven schematisch dargestellt. Abb. 13 und 14

Abb. 13

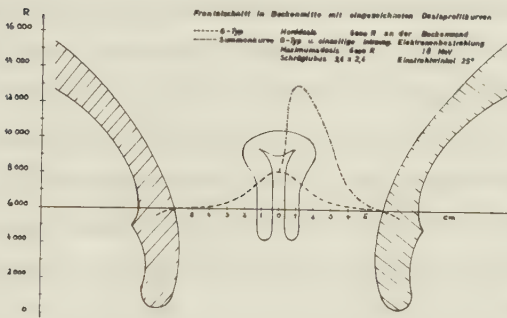
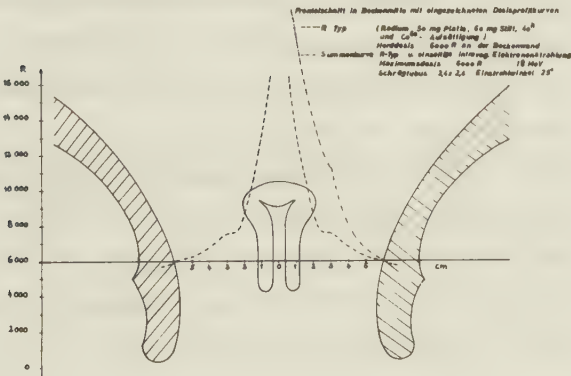


Abb. 14



5.) Anwendungsbereich der neuen Methodik.

Der unseren Bemühungen zugrundeliegende Gedanke ist das Streben nach einer lokal applizierbaren zusätzlichen Strahlendosis bei denjenigen gynäkologischen Karzinomen, die nach einer unter Standardbedingungen optimal durchgeführten Kombinations-therapie von Radium und perkutaner Co ⁶⁰ - Bestrahlung bzw. reiner Co ⁶⁰ - Telegammatherapie eine fehlende oder ungenügende Rückbildung erkennen lassen. Für die Durchführung der Zusatzbestrahlung ist es dabei unwichtig, ob es sich um Primärtumoren oder Rezidive handelt. Bei der Festlegung der zusätzlich angestrebten Herddosis muß dieser Unterschied jedoch berücksichtigt werden, da bei den Tumorezidiven meist schon mit einer wesentlich höheren Strahlenvorbelastung zu rechnen ist. Die abnehmende Strahlenempfindlichkeit von Lokalrezidiven macht es allerdings oftmals unumgänglich, diese Vorbelastung dennoch außer acht zu lassen, um durch Applikation einer hohen Tumordosis doch noch eine Rückbildung der Geschwulst zu erzwingen. Die hierbei unter Umständen auftretenden strahlenbedingten Veränderungen an den Nachbarorganen müssen in Kauf genommen werden. Nach den Feststellungen von GAUWERKY ²⁸ und INGELMANN - SUNDBERG ⁴¹ ist dieses im Interesse einer endgültigen Heilung auch durchaus vertretbar.

Bei der Kleinraumbestrahlung mit dem Betatron halten sich diese Veränderungen naturgemäß in Grenzen. So kam es bei den von uns bisher bestrahlten Fällen noch zu keiner strahlenbedingten Fistelbildung, obwohl zusätzlich Dosen von 1 700 - 6 000 rad appliziert wurden. Die durchschnittliche Vorbelastung durch kombinierte Radium- Kobalt ⁶⁰- Telegammatherapie betrug dabei im Bereich der Parametrien und der Beckenwand 6 000 rad. In einigen Fällen war die Vorbelastung sogar höher wie später im einzelnen gezeigt werden wird.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen läßt sich das Anwendungsgebiet der intravaginalen Elektronenbestrahlung mit dem Betatron eng umreißen:

- 1.) Resttumoren der Vagina und der Parametrien nach typisch durchgeführter Radium- Telegammakombinationstherapie oder reiner Telegammatherapie.
- 2.) Jede Art von Rezidiven im kleinen Becken nach Operation oder Bestrahlung, solange sie die Beckenwand noch nicht erreicht haben.
- 3.) Infiltrationen des Blasenbodens und der Rektumvorderwand.

Erweiterte Indikationen:

- 4.) Große exophytisch wachsende Portiotumoren, zur Ermöglichung einer späteren Radiumeinnage in die Cervix uteri.
- 5.) Portio- bzw. Cervixkarzinome von geringer Ausdehnung bei fortgeschrittener Gravidität und dringendem Kinderwunsch (BECKER, KÄRCHER und WEITZEL ⁶).

3.) Die Ausführung der intrakavitären Bestrahlung (Bestrahlungstechnik)

4.) Isodosen und Dosisprofilkurven

5.) Anwendungsbereich der neuen Methodik

6.) Klinische Ergebnisse

7.) Nebenwirkungen und Komplikationen

a) Nebenwirkungen auf den Gesamtorganismus

b) Lokale Reaktionen

IV. BEWERTUNG DER METHODE HINSICHTLICH IHRER STELLUNG IN DER STRAHLENTHERAPIE UND VERGLEICH MIT DEN ÄLTEREN VERFAHREN

V. ZUSAMMENFASSUNG

VI. LITERATUR

6.) Klinische Ergebnisse:

Wie schon ausgeführt gingen wir von dem Gedanken aus, mit der Elektronenstrahlung des Betatrons eine zusätzliche Strahlendosis zu applizieren, ohne dabei die Absicht zu verfolgen, die bei uns bewährten gynäkologischen Bestrahlungstypen mit den Telegammaanlagen verändern zu wollen. Als logische Folgerung hieraus wird dann auch verständlich, daß sich wohl eine Standardisierung der intravaginalen Betatronbestrahlung in Hinsicht auf die Technik erreichen läßt, nicht jedoch hinsichtlich ihres zeitlichen Einsatzes innerhalb einer Bestrahlungsserie oder einer schematischen Festlegung auf bestimmte Formen des Tumorwachstums. An dem Charakter einer individuell einsetzbaren zusätzlichen Bestrahlungsmethode sollte vielmehr unbedingt festgehalten werden.

So ergibt dann auch die Aufschlüsselung des bisher bei uns mit dieser Methode bestrahlten Patientengutes kein einheitliches Bild, wie die nachfolgend mitgeteilten klinischen Ergebnisse zeigen sollen. Zum besseren Verständnis wird eine kurze Skizzierung unserer gynäkologischen Bestrahlungstypen (BIRKNER und HILZ ¹²), die inzwischen leicht modifiziert wurden, vorausgeschickt.

Perkutane Bestrahlung mit dem Co ⁶⁰ Telegammatron:
G - Typ (Ganzbestrahlungstyp)

Die Bestrahlung erfolgt über insgesamt 6 Felder (2 ventrale, 2 dorsale, 2 seitliche Felder). Das Bestrahlungsziel ist eine symmetrische Isodosenverteilung im kleinen Becken, bei welcher der Herdbereich, seitlich von Beckenwand zu Beckenwand gemessen, mit mindestens 80 % des Dosismaximums homogen ausgestrahlt wird. In den Parametrien und an der Beckenwand wird eine Herddosis von mindestens 6 000 rad erreicht, die in zwei Serien eingestrahlt wird.

R - Typ (Radiumtyp)

Die Bestrahlung erfolgt über insgesamt 4 Felder, wobei jeweils 2 ventrale und 2 dorsale als Gegenfelder angeordnet sind. Die mit Radium vorbelasteten Gewebsanteile in Beckenmitte werden von der perkutanen Bestrahlung ausgespart. Die Parametrien und die seitliche Beckenwand erhalten auch hierbei eine Herddosis von mindestens 6 000 rad (inkl. der Radiumvorbelastung), die in zwei Serien eingestrahlt wird.

Bestrahlungsfälle:

Fall I: F. E. geb. 1915 Menopause mit 41 Jahren.

Nach eigenen Angaben früher viel mit dem Unterleib zutun gehabt. 1956 supravaginale Uterusamputation.

April 1968 Schmierblutung, danach Probekurettage.

Histologie: Plattenepithelkarzinom.

Gyn. U.: Beider Spekulumuntersuchung mehrere punktförmige Blutungen im Portiobereich, Ca.-verdächtig! Palpatorisch ist der Cervixstumpf gut beweglich. Parametrien frei, insgesamt kein Tumor tastbar.

Stationäre Aufnahme April bis Juni 1968, dabei 3 Radiumeinlagen (Gr. Platte 80 mg Ra für 19, 12 und 7 Stunden). Errechnete Dosis in 2 cm = Punkt A = 5 700 rad; in 6 cm = Punkt B = 700 rad.

Keine weitere Therapie, da die Patientin die Abteilung verließ. Die gynäkologische Untersuchung vor Entlassung ergab bei etwas Ra-Schorf einen sonst unauffälligen Befund. Normale Ausscheidungs- und Abflußverhältnisse im Infusionspyelogramm.

März 1969 Tumorrezidiv.

Gyn. U.: Im linken Scheidenwinkel weißliche Leukoplakie mit anschließendem bohngroßen Knoten. Auch rektal ist dieser Knoten im linken Parametrium tastbar.

Von März bis Juli 1969 zwei Serien R - Typ bis zu

einer Herddosis von 6 000 rad im Parametrium und an der Beckenwand. Eingeschlossen ist hierbei die Radiumvorbelastung aus dem Jahre 1968. Die gynäkologische Untersuchung nach Abschluß dieser Bestrahlung ergab nur noch flächige parametrane Verdichtungen von der Portio zur linken Beckenwand ziehend. Keine Knotenbildungen. Von Juli bis August 1969 zusätzliche Aufsättigung des linken Parametriums durch perkutane Elektronentherapie mit 18 MeV unter Tubuskompression der Bauchwand. Herddosis etwa 3 000 rad.

Weiterhin deutliche Rückbildungstendenz des Infiltrates im linken Parametrium. Entlassung.

Ambulant Kurzwellentherapie sowie durch den Hausarzt kurzzeitig Trenimon - Behandlung.

Oktober 1969 Wiedervorstellung der Patientin.

Gyn. U.: Scheide glatt, Portio völlig verstrichen.

Rektal tastet man ein erhebliches induziertes Infiltrat des linken Parametriums und der Beckenwand.

Subjektiv besteht bei der Patientin Wohlbefinden.

Entschluß zur intravaginalen Betatronbehandlung mit schnellen Elektronen. 18 MeV, schräger Tubus 3,4 x 2,4 cm nach etwa 3 Uhr gerichtet. Tischwinkel 15°. Das linke Parametrium wird gut erfaßt. Bestrahlungsserie von Oktober 1969 bis Januar 1970.

Die zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug etwa 6 000 rad im Dosismaximum. Vorbelastung im Bereich des linken Parametrium mindestens 9 000 rad durch vorausgegangene Therapie.

Die Abschlußuntersuchung vor Entlassung der Patientin ergab eine Zunahme der Indurationen im linken Parametrium. Knotenbildungen waren nicht zu tasten, insgesamt deutliche Rückbildung des Vorbefundes. Infusionspyelogramm unauffällig. Wohlbefinden. Etwa 14 Tage später wurde eine erneute stationäre Aufnahme der Patientin wegen einer wohl radiogen bedingten Kolitis notwendig. Palpatorisch fand sich eine leichte Einengung im oberen Rektum. Die Röntgenuntersuchung des Dickdarmes ergab jedoch einen etwa 8 cm langen stenosierte Bezirk am Übergang vom Sigma zum Colon descendens. Die Ätiologie dieses Befundes ist noch ungeklärt. Klinisch ließ sich die Kolitis mit konservativen Maßnahmen gut beherrschen. Der gynäkologische Befund ist jetzt etwa 3 Monate nach Ende der letzten Bestrahlung praktisch stationär geblieben. Die Patientin fühlt sich wohl.

Fall II: K. W. geb. 1902 Menopause mit 48 Jahren.

Nie ernstlich krank gewesen. Erstmalig Anfang August 1969 vaginale Blutung bemerkt.

Gyn. U.: Gänseeigroßer, exophytisch wachsender, be-

reits zerfallender Kollumtumor. Beide Scheidengewölbe zirkulär infiltriert. Erhebliche Infiltration beider Parametrien bis fast zur Beckenwand.

Histologie: Großzelliges, nicht verhornendes Kollumkarzinom.

Da ein Cervikalkanal nicht darzustellen war, wurde eine Homogendurchstrahlung des kleinen Beckens nach dem G - Typ durchgeführt. Herddosis an den Parametrien und der Beckenwand 4 000 rad. Dauer der Bestrahlungsserie von September bis November 1969. Danach kaum Verkleinerungstendenz des Befundes erkennbar.

Entschluß zur intravaginalen Betatronbestrahlung mit schnellen Elektronen. 18 MeV, schräger Tubus 3,4 x 2,4 cm nach links und rechts bei etwa 2 Uhr bzw. 10 Uhr ausgerichtet. Tischwinkel $\pm 15^\circ$. Die parametranen Tumorerkrankungen werden beiderseits gut erfaßt. Die zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug etwa 4 000 rad pro Feld im Dosismaximum.

Bei der 14 Tage nach Abschluß der intravaginalen Therapie durchgeführten Kontrolluntersuchung war ein größerer Tumor nicht mehr nachweisbar. Oberhalb der Portio fand sich jedoch eine derbe Infiltration der Vaginalwand mit einzelnen linsengroßen Exophyten.

Anschließend 2. Serie G - Typ von Januar bis Februar 1970. Herddosis im Parametrium und der Beckenwand 2 000 rad. Zuzüglich der mit der ersten G - Typ - Serie eingestrahlten Dosis ergibt sich im Bereich der Parametrien und der Beckenwand eine Gesamtbelastung von 6 000 rad.

Bei der Abschlußuntersuchung fanden sich im Scheidengrundbereich zirkulär zahlreiche kleine derbe Knötchen, die bei Berührung bluteten. Im linken Parametrium tastete man jetzt jedoch einen etwa pflaumengroßen Tumor, der neu aufgetreten war. Subjektiv fühlte sich die Patientin wohl. Infusionspyelogramm unauffällig.

Wegen der Tumorprogredienz wird hier an eine erneute intravaginale Bestrahlungsserie mit dem Betatron zu denken sein.

Fall III: S. F. geb. 1899 Menopause mit 46 Jahren. Juni 1969 erstmalig starke Blutung aus der Vagina.

Gyn. U.: Erster Untersuchungsbefund erhoben im Oktober 1969!

Exophytischer Portiotumor, der das gesamte obere Scheidengewölbe ausfüllt und auch auf die Scheide übergreift. Cervikalkanal nicht darzustellen. Rektal fühlt man einen insgesamt stark vergrößerten Uterus, sowie

knotige Infiltrationen beider Parametrien. Auf der rechten Seite greift dieser Befund bereits auf die Beckenwand über, linksseitig wird die Beckenwand noch nicht erreicht.

Histologie: Nicht verhornendes Plattenepithelkarzinom. Perkutane Telegammatherapie mit Co^{60} nach dem G-Typ bis zu einer Herddosis von 4 000 rad im Parametrium und der Beckenwand. Bestrahlungszeitraum Oktober bis November 1969.

Hierbei gute Rückbildungstendenz des exophytischen Portiotumors. Wegen des noch vorhandenen Tumors im Bereich der Parametrien erfolgte zusätzlich im letzten Drittel der ersten G - Typ - Serie eine intravaginale Zusatzbestrahlung mit schnellen Elektronen. 18 MeV, schräger Tubus 3,4 x 2,4 cm nach links 3 Uhr bzw. rechts 9 Uhr auf die Parametrien gerichtet. Tischwinkel etwa $\pm 15^\circ$.

Die zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug etwa 2 500 rad im Dosismaximum.

Bei der darauffolgenden gynäkologischen Untersuchung fand sich die Vagina im oberen Drittel verklebt. Leichte Kontaktblutung. Rektal tastete man den deutlich abgeflachten und verkleinerten Portiotumor. Beide Parametrien straff und etwas derb, jedoch nicht mehr knotig. Anschließend zweite Serie

Co ⁶⁰ - Telegammabestrahlung nach dem G - Typ
von Dezember 1969 bis Januar 1970. Herddosis
im Bereich der Parametrien und der Beckenwand
2 000 rad, zusammen mit der Vorbelastung durch
die erste G - Typ - Serie 6 000 rad.

Anschließend erneute intravaginale Elektronenbe-
strahlung unter den vorgenannten Bedingungen.

Dosis im Maximum 1 700 rad. Die gesamte zusätzlich
mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug
demnach 4 200 rad im Dosismaximum.

Bei der Entlassung der Patientin aus der stationä-
ren Behandlung ergab die gynäkologische Untersu-
chung die narbige Schrumpfung eines Portiokraters.
Die Parametrien waren beiderseits frei.

Infusionspyelogramm unauffällig. Wohlbefinden.

Gynäkologischer Befund 2 Monate später unverändert.

Fall IV: R. E. geb. 1912 Menopause mit 51 Jahren
Seit Mitte Dezember 1965 Schmierblutungen. Februar
1966 Wertheimsche Operation. Der gynäkologische Be-
fund vor der Operation ist uns nicht bekannt. An-
geblich sollen die Parametrien jedoch frei gewesen
sein.

Histologie: Großzelliges, z.T. verhornendes Platten-
epithelkarzinom von erheblicher Ausdehnung mit
Unterminierung der Cervixschleimhaut. Metastasierung

in parametranen Lymphknoten nicht auszuschließen.

Im März 1966 Überweisung der Patientin zur Strahlentherapie.

Gyn. U.: Derbe narbige Umwandlungen mit etwas lap-
pigem Granulationsgewebe im Scheidengrund.
Rektal findet sich in der Mittellinie eine
vom Scheidengrund ausgehende Verdichtung,
die wohl ebenfalls narbig bedingt ist.

Von März bis Juli 1966 Co⁶⁰-Telegammabestrahlung
nach dem G - Typ in 2 Serien. Herddosis im Parame-
trium und an der Beckenwand 6 000 rad.

Unter der Bestrahlung gehäuftes Auftreten kolitischer
Reizzustände. Die abschließende gynäkologische Unter-
suchung ergab eine leichte Kolpitis. Der Scheiden-
stumpf war unauffällig und glatt. Rektal fand sich
ein straffes, aber nicht knotiges Beckenbindegewebe.
Bei wiederholten Kontrollen 2 1/2 Jahre kein auf-
fälliger Befund. Unauffälliges i.v. Pyelogramm.

Wohlbefinden.

November 1969 Tumorrezidiv, nachdem bereits im
Februar 1969 ein zweifelhafter Befund am Scheiden-
grund beschrieben wurde.

Gyn. U.: Kolpitis. Im rechten Scheidenwinkel fin-
det sich ein mit Nekrosen gefüllter Krater,
in den man eine Fingerkuppe einlegen kann.
Rektal findet sich ein vom rechten Schei-

denwinkel ausgehendes kontinuierliches Infiltrat, welches die rechte Beckenwand erreicht und sich nach kranial hin weiter ausdehnt. (Beckenwandrezidiv?)

Der behandelnde Gynäkologe glaubt nur an ein Lokalrezidiv im rechten Scheidenwinkel und hält die Beckenwandinfiltration für einen älteren nicht tumorösen Prozeß.

Histologie einer PE. aus dem Scheidenwinkel:
Infiltrate eines großzelligen nicht verhornenden Plattenepithelkarzinoms im Sinne eines Rezidivs.

Nach Rücksprache mit dem behandelnden Gynäkologen wird wegen bereits bestehender Blasen- und Darmbeschwerden mit Hämaturie und Durchfällen auf eine bereits geplante erneute Co⁶⁰-Bestrahlung verzichtet. Die gynäkologische Untersuchung Anfang Dezember 1969 ergibt ein Fortschreiten des Tumorbefundes. Es findet sich eine kastaniengroße Infiltration um den bereits beschriebenen Zerfallskrater, die sicher tumoröser Natur ist. Der Befund an der Beckenwand scheint dagegen stationär geblieben zu sein.-Entschluß zur intravaginalen Elektronenbestrahlung mit dem Betatron.18 MeV, schräger Tubus 3,4 x 2,4 cm nach 9 Uhr gerichtet. Tischwinkel etwa 10°. Die kastaniengroße Infiltration wird sicher erfaßt.

Die zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug 6 000 rad im Dosismaximum. Nach Beendigung dieser Bestrahlungsserie im Februar 1970 ergab die gynäkologische Untersuchung im Bereich des Scheidenstumpfes rechts eine große, von schmalem Tumorsaum umgebende Kraterbildung. Einzelne Nekrosen in der Tiefe des Kraters. Das kastaniengroße Infiltrat hatte sich gut zurückgebildet. Demgegenüber zeigte die rechtsseitige Beckenwandinfiltration jedoch eine deutliche Progredienz, so daß an ihrem Tumorcharakter nicht mehr zu zweifeln war. Beginnende Ausmauerung des kleinen Beckens rechts.

Über eine weitere Therapie war zum Zeitpunkt der Abfassung dieser Arbeit noch nicht entschieden, zumal erhebliche Blasen- und Darmreizungen bei der Patientin bestanden. Neben Fortsetzung der intravaginalen Elektronenbestrahlung muß hier eine Therapie mit ultraharter Röntgenstrahlung (18 MeV) in Erwägung gezogen werden.

Fall V: F. L. geb. 1920 Menopause mit 46 Jahren. 1966 Totalexstirpation der Gebärmutter wegen Uterus myomatosis. Im Portiobereich wurde histologisch gleichzeitig eine "atypische Leukoplakie" nachgewiesen. Februar 1969 stationäre Aufnahme auf der

gynäkologischen Abteilung wegen vaginaler Blutung und Infiltration lateral des rechten Scheidenwinkels, die als nicht tumorös angesehen wurde. Unter konservativer Therapie scheinbare Rückbildung dieser Infiltration. Entlassung.

April 1969: Blutung aus der Vagina machte eine erneute stationäre Aufnahme auf der gynäkologischen Abteilung erforderlich.

Gyn. U.: Rechts neben dem Scheidenstumpf gut walnußgroße derbe parametrane Infiltration mit Ausläufern bis zur Beckenwand.

Nach Inzision und Spreizung der Vaginalwand erfolgte die Entnahme einer Gewebeprobe aus diesem Gebiet.

Histologie: Anepidermoides Plattenepithelkarzinom. Die vorbeschriebene Leukoplakie dürfte demnach Ausdruck eines Mikrokarzinoms gewesen sein (besondere Form eines Basalzellenkarzinoms).

Durch die Gynäkologen erfolgte daraufhin eine Radiumeinlage in die so entstandene Höhle. - Stift 30 mg, Platte 50 mg nach rechts lateral abgewinkelt für 15 Stunden belassen. - Die Berechnung der Dosis gestaltet sich etwas schwierig, es darf jedoch mit einer intratumoralen Dosis von ca. 2 300 rad (2 cm - Wert) nahe der rechten Beckenwand gerechnet werden.

Nach Verlegung auf die Strahlenabteilung Co ⁶⁰-
Telegammabestrahlung als G - Typ von Mai bis
Juni 1969. Herddosis im Bereich der Parametrien
und der Beckenwand 3 000 rad.

Gyn. U.: (nach Abschluß der Telegammatherapie)

Scheide nach rechts ventral verzogen,
läuft hier trichterförmig aus. Beginnende
Verklebung. Tastmäßig im Bereich dieses
Scheidenwinkels ein etwa pflaumengroßes
Infiltrat, welches zur Beckenwand hin-
zieht und ihr fest aufsitzt. Praktisch
keine Rückbildung.

Infusionspyelogramm unauffällig.

Juni bis August 1969 kombinierte perkutane Thera-
pie mit ultraharter Röntgenstrahlung (18 MeV) und
Elektronenstrahlung (18 MeV) im Verhältnis 2 : 1.
Hieraus ergibt sich eine Herddosis im rechten
Parametrium von ca. 4 200 rad.

Bei der nachfolgenden gyn. Untersuchung ließ sich
eine geringe Rückbildung der zur Beckenwand ziehen-
den parametranen Infiltration feststellen. Der
Tumorkrater am rechten Scheidenwinkel war mit
Nekrosen ausgefüllt.

Entschluß zur zusätzlichen intravaginalen Elektro-
nenthérapie mit dem Betatron, die von August bis

September 1969 durchgeführt wird. Elektronenstrahlung mit 18 MeV Energie, schräger Tubus 3,4 x 2,4 cm nach 9 Uhr gerichtet. Tischwinkel 15 - 20°. Die Infiltration wird ausreichend erfaßt. Die zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug etwa 1 700 rad im Dosismaximum.

Die Vorbelastung im Bereich des rechten Parametriums durch die der intravaginalen Bestrahlung vorausgegangene Therapie dürfte etwa 9 500 rad betragen haben. - Erhebliche Zystitis. -

Eine mäßige Rückbildung der tumorösen Veränderung im rechten Parametrium war nach Abschluß der zusätzlichen Elektronentherapie festzustellen.

Im Infusionspyelogramm zeigte sich jedoch rechtsseitig nur ein nephrographischer Effekt. Das Isotopennephrogramm ergab rechts die Zeichen einer schweren Eliminationsstörung wie bei inkompletter Abflußbehinderung. - Bei der daraufhin durchgeführten Zystoskopie wurde ein fünfmarkstückgroßer zentral ulzerierter Tumoreinbruch in die Blasen-hinterwand festgestellt. Die Blase war rechts stark durch den Tumor angehoben. Vermutlich dürfte hier eine Ummauerung des rechten Ureters durch den Tumor vorgelegen haben.

Nach Entlassung haben wir die Patientin noch nicht

wieder gesehen.

Fall VI: W. G. geb. 1900 Menopause mit 48 Jahren.
1956 abdominale Totalexstirpation des Uterus und
der Adnexe wegen eines Adenokarzinoms des Corpus
uteri. Keine Nachbestrahlung!

Histologie: Schlecht differenziertes, solide
wachsendes Adenokarzinom.

August 1959 Tumorrezidiv.

Gyn. U.: Im hinteren Scheidenstumpf links tastet man
einen gut haselnußgroßen derben Tumor, der
jedoch gut verschieblich ist.

Eine histologische Diagnose konnte nicht gestellt
werden, da bei einer PE nur unspezifisches Gewebe
gewonnen wurde.

September 1959 bis Februar 1960 Co⁶⁰- Telegamma-
bestrahlung in zwei Serien nach dem G - Typ. Herd-
dosis im Parametrium und an der Beckenwand 5 000 rad.
Gleichzeitig Nahbestrahlung des Scheidenstumpfrezidi-
ves (Monopan 60 kV, 5 mA; Schräganode mit Tubus F 21)
mit einer Oberflächendosis von ca. 2 700 rad.

Die gynäkologische Untersuchung nach Ende dieser
Bestrahlungen ergab eine völlige Rückbildung des
Tumors am Scheidenstumpf links. Man tastete jedoch
hoch vor der linken Beckenwand eine kleine Indura-
tion, die jedoch unverdächtig erschien.

Von 1960 bis 1966 war die Patientin beschwerdefrei. Mehrere Zwischenuntersuchungen ergaben einen unauffälligen Befund.

September 1966 sicheres Rezidiv. Die Patientin klagte über unbestimmte Beschwerden im Bereich des linken Unterbauches.

Gyn. U.: Mäßige Kolpitis. Rektovaginal tastet man einen vom linken Parametrium ausgehenden, der Beckenwand fast aufsitzenden, unregelmäßig begrenzten, derben Tumor von fast Mandarinengröße.

Im i.v. Pyelogramm links hydronephrotische Aufweitung von Ureter und NBKS.

Von Oktober bis November 1966 Co⁶⁰-Telegerammtherapie über ein linksseitiges Unterbauchfeld und entsprechendes dorsales Gegenfeld. Herddosis im Parametrium 2 500 rad.

Die anschließend durchgeführte gyn. Untersuchung ergab eine deutliche Verkleinerung des vorbeschriebenen Rezidivtumors. Es fand sich jedoch pyelographisch weiterhin der Befund eines Hydroureters mit Hydro-nephrose links. Diese Verhältnisse blieben über ein halbes Jahr stationär.

Eine gynäkologische Untersuchung im Juli 1967 ergab jedoch eine beginnende Ausmauerung des kleinen Beckens, besonders links. Auch dieser Befund zeigte während

2 1/2 Jahren keine deutliche Progredienz. Im August 1969 war jedoch ein deutliches Fortschreiten des karzinomatösen Prozesses zu erkennen. Die Vagina fand sich nach links fixiert, am oberen trichterförmigen Vaginalende wölbten sich derbe weißliche Tumordinfiltrate vor.

Im Oktober 1969 wurde eine PE aus der Vagina entnommen.

Histologie: Schlummerherde eines adenoiden Karzinoms, erdrückt von Bindegewebe.

Entschluß zur intravaginalen Betatronbestrahlung mit schnellen Elektronen. Bestrahlungsserie von November bis Dezember 1969. Energie 18 MeV, schräger Tubus 3,4 x 2, 4 cm nach links 3 Uhr auf die Infiltration am Vaginalende gerichtet. Tischwinkel ca. 10°.

Die zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug etwa 4 300 rad im Dosismaximum.

Die Vorbelastung im Bereich des linken Parametriums durch vorausgegangene Bestrahlungen lag bei etwa 7 500 rad.

Weitere Progredienz des Befundes mit Lymphangiosis der Vaginalwand und Infiltration des Introitus.

Röntgenologisch stumme Niere links. Bei der Zystoskopie Verdacht auf Blasenwandinfiltration.

Anfang Januar 1970 Exitus letalis nach interkurrentem Infekt mit Pneumonie. Keine Sektion.

Fall VII.: S. H. geb. 1910 Menopause mit 50 Jahren.
Januar 1969 Ausfluß zunehmender Stärke. Mai 1969
Wertheimsche Operation wegen karzinomatösen
Kollumtumors mit Hydrometra. Übergriff des Tumors
auf das Corpus uteri.

Histologie: Hochdifferenziertes schleimbildendes
Adenokarzinom der Cervix uteri. Adnexe tumorfrei.
Anschließend an die Op. bestand ein "entzündliches
Infiltrat" in der Umgebung des Scheidenstumpfes.
Angeblich Rückbildung unter Kurzwellenbehandlung.
Infusionspyelogramm unauffällig.

Juli 1969 Überweisung zur postoperativen Bestrahlung.

Gyn. U.: Relativ langer trichterförmig auslaufender
Scheidenstumpf. Oberes Ende der Scheide
nicht einsehbar. Im linken Parametrien-
bereich einzelne kleine Knötchen. Rechts
findet sich jedoch eine von der Mittellinie
zur Beckenwand ziehende harte knotige
Infiltration. Tumorrest? Frührezidiv?

Co ⁶⁰- Telegammatherapie nach dem G - Typ in erster
Serie von August bis Oktober 1969. Herddosis im para-
metranen Bereich und an der Beckenwand bis zum vor-
zeitigen Abbruch der Serie (Exitus der Patientin) etwa
3 000 rad. Wegen des Befalls des Corpus uteri zusätz-
liches Lumbalfeld.

Gehäuft auftretende Darmreizungen mit Durchfällen er-

zwangen eine leichte Verzettelung dieser Bestrahlungen durch häufige Pausen. Die gynäkologische Untersuchung im letzten Drittel der ersten G - Typ - Serie ergab im Bereich des Scheidenstumpfes das Vorliegen einer erheblichen Kraterbildung mit Kontaktblutung. Beiderseits starke Infiltrationen des Paragewebes mit rechtsseitigem fast hühnereigroßem Tumor. Insgesamt also deutliche Progredienz. - Zystoskopisch Zeichen einer Infiltration des Blasenbodens. Kontrasteinlauf o.B.-Entschluß zur zusätzlichen intravaginalen Elektronenbestrahlung mit dem Betatron. 18 MeV, schräger Tubus 3,4 x 2,4 cm, nach rechts 10 Uhr und links 13 Uhr. Tischwinkel 15° nach beiden Seiten (Sept. bis Okt. 1969). Die zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug links 3 000 rad und rechts 3 400 rad im Dosismaximum.

Leichte Rückbildung der Infiltrationen beiderseits. Ende Oktober 1969 kam die Patientin nach einer sich unter rezidivierenden Temperaturanstiegen entwickelnden Anurie ad exitum.

Sektionsbericht (Auszug):

Rezidivierende Lungenembolien mit teilweiser Atelektase des rechten Unterlappens. Pleuraerguß. Peritonealkarzinose. - Lokalbefund: Faustgroßes Tumorrezidiv am oberen Scheidenstumpf mit zentraler Zerfallshöhle. Diffuse Karzinominfiltration des

parametranen Bindegewebes beiderseits bis an die Linea terminalis mit Strahleninduration. Breitflächige Infiltration der Blasen hinterwand mit Einbruch in die Schleimhaut. Karzinomatöse Ummauerung beider Ureteren, Einengung des rechten Ureters mit Hydronephrose rechts. Tumorinfiltration des Sigmas mit Stenosierung. Metastasen im Großen Netz, in der Leber und in der Milz. Ascites.

Fall VIII: S. F. geb. 1922 Menopause mit 45 Jahren. Juli 1967 Zwischenblutungen.

August 1967 Kürettage; September 1967 Totalexstirpation des Uterus mit Adnexen.

Histologie: Infiltrativ destruierend wucherndes Adenokarzinom im Bereich des Collum uteri. Kleine Metastase im Bereich des Lig. Ovarii sinistrum.

Gyn. U.: Unauffälliger Scheidenstumpf. Kein Anhalt für tumoröse Veränderungen bei der Palpation.

Von Oktober 1967 bis Februar 1968 Co ⁶⁰-Tele-gammabestrahlung nach dem G - Typ in zwei Serien. Herddosis im Parametrium und an der Beckenwand 6 000 rad.

Die anschließend durchgeführte gyn. Untersuchung ergab einen unauffälligen Befund. - Normales Infusionspyelogramm.

Im Mai 1968 ergab die gynäkologische Kontrolluntersuchung eine kleine bei Berührung blutende Granulation im Scheidenstumpf links.

August 1968 PE aus diesem Gebiet, histologisch Karzinommetastase.

Bei der gynäkologischen Untersuchung sicheres Rezidiv. Im linken Scheidenwinkel bestand eine rasenförmige Tumoraussaat mit kleinen Kratern. Rektal fühlte man in der Mittellinie hinter dem Scheidenstumpf eine mehrhöckerige Knotenbildung. Eine Ausbreitung in die seitlichen Parametrien ließ sich nicht erkennen. August bis Oktober 1968 deshalb intravaginale Nahbestrahlung (Monopan 60 kV, 5 mA, Schräganode mit Tubus F 21) - Oberflächendosis 4 500 rad.

Die Nachuntersuchung ergab im linken Scheidenwinkel einen pfenniggroßen gereinigten Krater mit derbem Randwall. Rektal wie Vorbefund.

Oktober bis Dezember 1968 Aufsättigung beider Parametrien von ventral mit ultraharter Röntgenstrahlung von 18 MeV Energie. Herddosis 1 500 rad.

November bis Dezember 1968 gleichzeitig erneute intravaginale Nahbestrahlung. Bestrahlungsbedingungen wie oben. Oberflächendosis 2 500 rad.

Mitte Dezember 1968 weitere Aufsättigung beider Parametrien mit perkutaner Co ⁶⁰- Bestrahlung mit einer Herddosis von 500 rad beiderseits.

Die gynäkologische Untersuchung im Januar 1969 ergab mehrere linsengroße Granulationen amVaginalstumpf im Bereich des ehemaligen Kraters. Rektal fühlte man einen etwa walnußgroßen Knoten am Vaginalstumpf, der jedoch jetzt narbig verändert wirkte. Kleines Becken sonst frei. - Unauffälliges Infusionspyelogramm.

April 1969 Kontrolluntersuchung: Stärkere Blutung aus dem linken Scheidenwinkel, dort trichterförmige Einziehung. In diesem Bereich halbmondförmige derbe Wulstbildung. Suspekter Befund. Rektal im linken verdichteten Parametrium mehrere Knotenbildungen.

Mai bis Juli 1969 Aufsättigung des linken Parametriums mit ultraharter Röntgenstrahlung von 18 MeV Energie. Herddosis 2 000 rad.

Infusionspyelogramm unauffällig. 5 Monate keine Beschwerden.

Dezember 1969 sicheres Tumorreizidiv. Im Scheidengrund links eine kleine grau-weiße Granulation die bei Berührung blutet. Bei rektaler Untersuchung findet sich dahinter eine pflaumengroße Verdichtung mit Ausläufern zur linken Beckenwand, hier jedoch schon weitgehende Strahleninduration.

Entschluß zur intravaginalen Betatronbestrahlung mit schnellen Elektronen. 18 MeV. Rundtubus 2 cm Durchmesser auf das Infiltrat im linken Parametrium

in Verlängerung der Vagina gerichtet. Tischwinkel 8 - 10°. Die pflaumengroße Verdichtung scheint ausreichend erfaßt.

Bestrahlungsserie von Januar bis März 1970.

Die gesamte zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug 3 000 rad im Dosismaximum.

Die abschließende Untersuchung im März 1970 ergab eine deutliche Verkleinerung des Rezidivtumors. - Infusionspyelogramm unauffällig. Leichte Beschwerden wie bei Zystitis und Proktitis, die wohl als Strahlenreaktion zu werten waren.

Sonst Wohlbefinden.

Die Herddosis durch Co ⁶⁰- Telegammatherapie und ultraharte Röntgenstrahlung betrug im Bereich des rechten Parametriums 8 000 rad, im linken Parametrium 10 000 rad.

Fall IX: P. I. geb. 1913 Menopause mit 49 Jahren. 1966 erstmalig wässriger Ausfluß, angeblich keine Blutungen. Juni 1968 bei Miktion Abgang eines Blutpfropfens. Einweisung in eine Frauenklinik, dort FE. Anschließend sofortige Verlegung zu uns. Histologie: Plattenepithelkarzinom mit Verhornungstendenz.

Gyn. U.: Großer ulzerierter Portiotumor mit weitem Übergreifen auf die Scheide. Kontaktblutung.

Parametrien beiderseits infiltriert,
Beckenwand jedoch noch nicht erreicht.
Uterus deutlich vergrößert.

Infusionspyelogramm: Deutliche Abflußbehinderung
des linken Ureters praevesical mit entsprechendem
Aufstau. Rechtsseitig nur nephrographischer Effekt
ohne erkennbare Kontrastmittelfüllung von NBKS
oder Ureter. - Zystoskopie: Im Trigonum vesicae
Tumoreinbruch mit starker Vaskularisation.
Juni bis August 1968 perkutane Co⁶⁰- Telegamma-
bestrahlung in zwei Serien nach dem G - Typ.
Herddosis im Parametrium und an der Beckenwand
6 000 rad.

Gleichzeitig Nahbestrahlung eines rasenförmigen
Infiltrates am Vaginaldach (Monopan 60 kV, 5 mA
Schräganode mit Tubus F 21) über 2 Felder.
Oberflächendosis pro Feld 2 500 rad.

Danach gynäkologische Untersuchung: Palpatorisch
sehr gute Glättung im Vaginalende. Keine Tumor-
nekrosen. Uterus und Parametrien wie bei der
letzten Untersuchung. - Infusionspyelogramm:
Zeitgerechte seitengleiche KM - Ausscheidung
mit deutlicher Rückbildung der hydronephrotischen
Aufweitung der linken Niere. Linker Ureter jedoch
etwas erweitert dargestellt, so daß eine gewisse
Abflußbehinderung sicher noch vorhanden ist.

Auch rechtsseitig bei deutlicher Befundbesserung noch Abflußbehinderung im praevesicalen Bereich. - Zystoskopie: Die erhebliche Blasenwandinfiltration des Vorbefundes ist kaum zu erkennen. Geringe Trigonumrötung mit etwas erweiterten Venen.

Entlassung der Patientin aus der stationären Behandlung.

November 1968 Kontrolluntersuchung: Portio zum Teil wieder aufgebaut, spiegelnd. Vaginalhaut etwas atrophisch und dünn. Bei der rektovaginalen Untersuchung fühlt man die wieder derb gewordene Portio ohne Tumorknoten. Der Uterus ist verkleinert und in das ebenfalls verkleinerte Infiltrat im rechten Parametrium einbezogen. Das linke Parametrium und das übrige kleine Becken sind völlig tumorfrei.

Zystoskopiebefund unauffällig.

Infusionspyelogramm: Noch deutliche Engstellung im praevesicalen Ureteranteil rechts. Sonst praktisch keine Veränderungen gegenüber dem Vorbefund. Von November bis Dezember 1968 Co⁶⁰-Telegammatherapie nach dem G - Typ in dritter Serie. Herddosis im Parametrium und an der Beckenwand 2 000 rad.

Eine lymphographische Untersuchung erweckt den Verdacht einer Metastasierung in die iliakalen und

vereinzelte paraortale Lymphknoten. - Bestrahlung mit dem Co ⁶⁰ - Telegammatron. Herddosis 1 600 rad.

Januar 1969 Kontrolluntersuchung nach Abschluß des G - Typs: Portio und Scheidengrund glatt. Plattenförmiges Restinfiltrat im rechten Parametrium, links nur strängige Verdichtung.

Infusionspyelogramm unverändert.

Mit Ausnahme einer leichten Proktitis (vermutlich Strahlenreaktion) war die Patientin von Januar bis August 1969 beschwerdefrei.

Ende August 1969 Schmierblutung. PE aus der vorderen Scheidenwand durch den behandelnden Gynäkologen.

Histologie: Plattenepithelkarzinom.

Gynäkologische Untersuchung: Scheidengrund rechts deutlich infiltriert. Parametrien beiderseits frei.

Erneute Nahbestrahlungsserie unter den oben bereits genannten Bedingungen, jedoch nur über ein rechtsseitiges intravaginales Feld bei 11 Uhr. Bei einer Oberflächendosis von ca. 1 300 rad wurde die Bestrahlung abgebrochen.

Entschluß zur intravaginalen Therapie mit dem Betatron.

Energie der Elektronenstrahlung 18 MeV, Schräger

Tubus 3,4 x 2,4 cm, nach etwa 11 Uhr ausgerichtet.

Tischwinkel 10°. - Zusätzliche Dosis mit schnellen

Elektronen 3 400 rad im Dosismaximum. (Bestrahlungsserie von August bis September 1969)

Zystoskopie nach Ende dieser Bestrahlungsserie ohne auffälligen Befund. November 1969 bis Januar 1970 erneute intravaginale Elektronenbestrahlung. Das rechtsseitige Feld bei 11 Uhr wird unter gleichen Bedingungen weiter bestrahlt. Des weiteren wird ein zusätzliches linksseitiges Feld bei etwa 2 Uhr bestrahlt. Tischwinkel ebenfalls 10° in anderer Richtung. - Tubus 3,4 x 2,4 cm.

Zusätzliche Dosis mit schnellen Elektronen links 1 700 rad. Rechts 2 500 rad.(im Dosismaximum).

Die gesamte zusätzlich mit schnellen Elektronen applizierte Dosis betrug links 1 700 rad, rechts 5 900 rad im Dosismaximum.

Durch vorausgegangene Bestrahlung mit Co 60 wurde im Bereich des Parametriums und der Beckenwand eine Herddosis von 8 000 rad erzielt.

Die Patientin klagte zeitweilig nach dem Ende der Bestrahlung über Beschwerden im Sinne einer Proktitis bzw. Kolitis mit gehäuften Durchfällen.

Gyn. U.: (April 1970)

Etwa 5 cm oberhalb des Introitus tastet man eine ringförmige derbe, jedoch nicht knotige, in der vorderen Scheidenhaut gelegene Infiltration. Der Uterus erscheint normal groß und nach rechts leicht verzogen. Das linke Parametrium ist nur wenig verdickt,

aber nicht knotig. Das rechte Parametrium erscheint bis zur Beckenwand verdichtet, jedoch völlig glatt ohne jegliche Knotenbildung. Kein sicherer Anhalt für Tumorrezidiv.

Im Infusionspyelogramm normale Ausscheidungs- und Abflußverhältnisse. Rö. - Thorax: Kein Anhalt für Metastasen. - Subjektiv Wohlbefinden.

7.) Nebenwirkungen und Komplikationen.

a.) Nebenwirkungen auf den Gesamtorganismus:

Nebenwirkungen allgemeiner Art haben wir bei der zusätzlich durchgeführten intrakavitären Strahlentherapie mit dem Betatron nicht beobachten können. Der zusätzliche Strahleneinschlag wurde von allen Patientinnen gut toleriert, wobei noch besonders ins Gewicht fällt, daß es sich in der Mehrzahl der Fälle um ausgesprochen desolate Zustandsbilder bei Bestrahlungsbeginn gehandelt hatte. Die gelegentlich aufgetretenen Blasen- und Darmreizungen, die später als lokale Reaktionen gesondert abgehandelt werden, führten zu keiner wesentlichen Störung des Allgemeinbefindens, waren stets nur vorübergehend und einer konservativen Therapie

leicht zugänglich. Zustandsbilder im Sinne des sogenannten "Strahlenkaters" wurden nicht beobachtet. Desgleichen fehlten Leukozytendepressionen oder auffällige Blutbildveränderungen anderer Art, die als Reaktionen auf die Bestrahlung hätten gedeutet werden müssen. Regelmäßige hämatologische Kontrolluntersuchungen wurden bei allen Patientinnen durchgeführt. - Die fehlende Allgemeinreaktion auf die intrakavitäre Bestrahlung mit schnellen Elektronen trotz hoher zusätzlich applizierter Strahlendosis betrachten wir als überzeugenden Beweis für den Wert dieser Kleinraumbestrahlungsmethode. Die günstigen Bedingungen hinsichtlich der Größe der relativen Herdraumdosis werden bei einem Vergleich der intravaginalen Elektronentherapie mit modernen konkurrierenden Methoden der perkutanen Parametrienbestrahlung deutlich.

Bei einem im Parametrium gelegenen vaginal zugänglichen Herd von 2,5 cm Durchmesser ergeben sich für die relative Herdraumdosis folgende Werte:

Telecurietherapie (Co ⁶⁰)		
FHA 50 cm, Feldgröße 5 x 5 cm	1	%
Ultraharte Röntgenstrahlung 18 MeV		
FHA 50 cm, Feldgröße 5 x 5 cm	1,4	%
Intravaginale Elektronenbestrahlung		
18 MeV, Tubus 3,4 x 2,4 cm		
Tumor von 70 %Isodose umschlossen	10	%

bezogen auf einen a.p. Durchmesser von 20 cm.

Bei der Bestrahlung empfindlicher und ängstlicher Patientinnen erwies sich eine unterstützende analgetische bzw. leicht sedierende Zusatztherapie für den gesamten Bestrahlungszeitraum als vorteilhaft. Insbesondere wurde das von vielen Patientinnen psychologisch als unangenehm empfundene und zudem oft schmerzhaftes Einführen des Bestrahlungstubus in die Vagina hierdurch erleichtert.

b.) Lokale Reaktionen:

An lokalen Reaktionen verdienen insbesondere die auch bei unserer Bestrahlungsmethode beobachteten Veränderungen an Harnblase und Darm Beachtung. Wegen der Kürze der zur Verfügung stehenden Beobachtungszeit können hierbei nur während, bzw. kurz nach der Bestrahlung aufgetretene Reaktionen seitens der oben genannten Organe einer Betrachtung unterzogen werden. Über Spätreaktionen, die oft nach Jahren auftreten, können nur Vermutungen aufgestellt werden.

Typische Symptome der Strahlenfrühreaktion an der Blase sind nach HOFMANN ³⁷ häufiger Harndrang mit Schmerzen und Brennen beim Wasserlassen, vor allem gegen Ende der Miktion. In schweren Fällen finden sich Tenesmen und Blutabgänge. BUTTENBERG ¹⁶ sowie HÜTER und MÜLLER ⁴⁰ berichten über ähnliche Beobachtungen. Das zystoskopische Bild zeigt dabei Rötung

mit Ödem (BUTTENBERG ¹⁶), gelegentlich Ulcera sowie hämorrhagisch- fibrinöse Schleimhautveränderungen (HÜTER und MÜLLER ⁴⁰). Beschwerden leichter Art seitens der Blase, ähnlich denen einer unspezifischen Zystitis, haben wir bei 3 Patientinnen beobachten können. Blutabgänge wurden nicht festgestellt. Auffällig war, daß Bestrahlungsreaktionen an der Harnblase nur bei solchen Patientinnen auftraten, denen vorher die Gebärmutter durch Wertheimsche- oder einfache Totaloperation entfernt worden war. Wir sehen als Ursache hierfür die nach Uterusexstirpation veränderten topographischen Beziehungen der weiblichen Beckenorgane an, insbesondere das Herantreten der Harnblase an das am Os sacrum fixierte Rektum. Eine erhöhte Strahlenbelastung seitlicher Blasenanteile bei der Strahlentherapie parametraner Infiltrate wird dadurch fraglos begünstigt. Zu gleichen Feststellungen kommen auch HÜTER und MÜLLER ⁴⁰ sowie KEPP ⁴⁶, letzterer unter Beziehung auf Beobachtungen bei der Anwendung der Hohlanodenröhre. - Es muß in diesem Zusammenhang jedoch auch auf die Mitteilungen von TWOMBLY, CACERES und CORSCADEN ⁸⁸ hingewiesen werden, welche ebenfalls verstärkt Blasenschädigungen mit Ulzerationen nach Bestrahlung der Parametrien feststellen konnten. Sie beobachteten hierbei eine deut-

liche Parallelität des Schädigungsgrades zur Höhe der jeweils applizierten Dosis, nehmen aber trophische Störungen als Hauptursache für das Ausmaß der Schädigung an. Auch RIES ⁷² glaubt, daß eine besondere Strahlenempfindlichkeit des Gefäßbindegewebes Ursache für Veränderungen im Bereich von Rektum und Blase sein kann, betont jedoch, daß Überdosierungen hierbei nicht unbedingt vorliegen müssen.

Es dürfte in solchen Fällen wohl bereits ein Kombinationsschaden vorliegen.

Die prozentuale Häufigkeit der angegebenen Schädigungen an Blase und Rektum unterliegt bei den einzelnen Autoren erheblichen Schwankungen:

KOTTMEIER: Blase 3,6 - Darm 6,5; HOLLSTEIN und HESS: Blase 6,1 - Darm 11,3; TWOMBLY und Mitarb.: Blase 11,2 - Darm 5,4; OEHLERT und BUSS: Blase 6,4 - Darm 10,8; MC CORMICK 11 % Gesamtschäden; BREITNER und ENDERLE 9,1 % Blasenschäden (zit. HÜTER und MÜLLER ⁴⁰).

HOFMANN ³⁹ betont jedoch die Wertlosigkeit von Schrifttumsangaben für Vergleiche hinsichtlich der Strahlenschädigung dieser beiden Organe, da die Autoren fast immer von verschiedenen Voraussetzungen ausgehen. - Die Toleranzdosis von Blase und Rektum ist bekannt. Sie beträgt nach RIES und BREITNER ⁷⁴

übereinstimmend mit früheren Untersuchungen von NEEF zit. BUTTENBERG ¹⁶ etwa 6 000 - 7 000 R, bei höherer Fraktionierung etwa 8 000 R.

Eine gewisse individuelle Schwankungsbreite darf zwar vorausgesetzt werden, ist jedoch vorher nicht zu erkennen (BUTTENBERG ¹⁶). Sicher werden Fraktionierungszeitraum und Einzeldosis bei der einzelnen Fraktionierung hierbei eine nicht unbeträchtliche Rolle spielen. Des weiteren dürfte jedoch die Wahl der Bestrahlungsart für die tolerierte Dosis bei Mitbestrahlung von Blase und Rektum wesentlich sein. Besonders die zusätzliche Bestrahlung mit der Hohl-anodenröhre wurde oft für schwere Blasenschädigungen mit Bildung von Blasenscheidenfisteln verantwortlich gemacht (KEPP ⁴⁸, HÜTER und MÜLLER ⁴⁰ u.a.). KEPP fürchtet Fistelbildungen bei dieser Bestrahlungsart insbesondere dann, wenn wegen des fehlenden Uterus schon primär eine erhöhte Blasenbelastung zu erwarten ist.

Wir glauben hingegen, daß mit unserer Methode die Gefahr einer strahlenbedingten Blasenscheidenfistel nicht in dem Maße gegeben ist, infolge des gegenüber der Hohlanodenröhre viel günstigeren Verhältnisses von Herddosis am Parametrium zur Oberflächen-dosis an der Vaginalwand. Die bei der Benutzung der Hohlanodenröhre unverhältnismäßig hohe, unter diesen

Bedingungen jedoch unvermeidbare Vaginalwandbelastung von 25 000 - 30 000 R (zit. HOFMANN ³⁶) führte zwangsläufig zur Irritation der eng benachbarten Harnblase, woraus die hohe Fistelgefahr resultierte. Bei der intravaginalen Bestrahlung mit schnellen Elektronen entsteht jedoch ein wesentlich günstigerer Verlauf der Tiefendosis (vergleiche Abb. 3), so daß diese hohen Vaginalwandbelastungen unnötig werden. Ein weiterer Vorteil dürfte in der Form des eingestrahlten Elektronenbündels zu suchen sein, welches durch seine scharfe Begrenzung und den sehr steilen Dosisabfall am Ende der Reichweite eine optimale Schonung der Nachbarorgane gewährleistet. -

Die durchweg leichten Verlaufsformen der bei uns beobachteten Strahlenreaktionen an der Harnblase geben uns unter Berücksichtigung der vorgenannten Tatsachen zu der Hoffnung Anlaß, daß auch als Spätreaktion nicht mit dem Auftreten strahlenbedingter Fistelbildungen zu rechnen ist.

Wenn auch von HOFMANN ³⁹ betont wird, daß eine Frühreaktion nach Bestrahlung nicht unbedingt von Spätreaktionen am gleichen Organ gefolgt sein muß, ist diese Möglichkeit jedoch erst nach Ablauf einer gewissen Zeitspanne mit Sicherheit auszuschließen. Daher wird erst die fortlaufende Überwachung der

Patientinnen in unserer nachgehenden Krebsfürsorge hierüber endgültigen Aufschluß geben können. Die Frühreaktionen an der Harnblase waren durch Blasenspülungen mit anschließender Instillation von Protargol oder lokal wirkenden Sulfonamiden leicht zu beherrschen.

Da es sich bei den von uns bestrahlten Patientinnen durchweg um lokal weit fortgeschrittenes Tumorwachstum handelte, darf mit Einschränkung erwartet werden, daß die Tumorprogredienz der Spätmanifestation einer Strahlenschädigung vorausseilen wird. Die Symptome eines beginnenden Tumoreinbruches in die Harnblase können denen einer Strahlenspät-schädigung klinisch und im zystoskopischen Bild oft ähneln, so daß das Hinzuziehen eines Urologen zur Klärung des Befundes meist unerläßlich wird. Auf die Schwierigkeiten einer Differentialdiagnose bei dieser Symptomatik weisen auch TWOMBLY, CACERES und CORSCADEN⁸⁸ nachdrücklich hin.

Deutlicher als die Irritation der Harnblase zeigte sich bei den von uns bestrahlten Patientinnen eine Mitreaktion des Rektums bzw. der unteren Dickdarmabschnitte auf die Bestrahlung. Diese nahmen jedoch nur bei 4 Patientinnen stärkere Formen an. Eine Mitbelastung von Dickdarm- und begrenzt auch

von Dünndarmanteilen wird sich bei keiner gynäkologischen Bestrahlung infolge anatomischer Gegebenheiten gänzlich vermeiden lassen. So fanden wir hier auch keinen Unterschied hinsichtlich der Strahlenreaktion bei bereits entfernter oder noch vorhandener Gebärmutter. Das Auftreten von Diarrhoen bei den unterschiedlichsten Herddosen im Bereich des kleinen Beckens dürfte mehrere Ursachen haben, wobei die individuell bereits bestehende Irritation der Dickdarmschleimhaut durch Laxantienmißbrauch und neurovegetative Reizzustände an erster Stelle zu nennen wäre. Der zusätzliche Strahleninsult ist dann oft nur noch das auslösende Moment, wobei zu berücksichtigen ist, daß die jeweils bestrahlten Darmabschnitte infolge verschiedener Lage und unterschiedlichen Füllungszustandes wechseln können. Besonders gefährdet gegenüber Strahleneinwirkungen sind jedoch das fixierte Rektum und das rektosigmoidale Übergangsgebiet, welche durch Schrumpfungsvorgänge des Beckenbindegewebes unter der Bestrahlung häufig bereits Stenosierungen zeigen, die durch entzündliche Zustände mit Ulzerabildung verstärkt werden können. So fanden wir nach Abschluß der intravaginalen Bestrahlungsserie bei einer Patientin (Fall I) bereits eine deutliche Einengung im oberen Rektum mit begleitender Entzündung und

schmerzhaften blutigen Durchfällen. Die Röntgenuntersuchung des Dickdarms ergab einen etwa 8 cm langen stenosierten Bezirk am Übergang vom Sigma zum Colon descendens. Das akute Bild besserte sich unter der lokalen Behandlung mit Einläufen (Vitamin A, Bepanthen, Vitamin C) sowie Opiumgaben schnell. Inwieweit hieraus jedoch Spätveränderungen mit bleibender Passagebehinderung und chronischer Entzündung im Sinne des Kombinationsschaders resultieren, ist ungewiß. RIES⁷² betont jedoch, daß auch derartige Veränderungen, die keineswegs nur bei einer Überdosierung, sondern schon bei besonderer Strahlenempfindlichkeit des Gefäßbindegewebes auftreten können im Interesse der Heilung in Kauf genommen werden müssen. Zu ähnlichen Auffassungen kamen unter Berücksichtigung ihrer Beobachtungen über die endgültige Tumorheilung bei strahlenbedingter Mitschädigung des Rektums schon früher GAUWERKY²⁸ und INGELMANN - SUNDBERG⁴¹. In jüngster Zeit konnte ROTTE⁷⁷ die Richtigkeit dieser Auffassung an seinem eigenen Patientengut bestätigen. Dem ist nichts hinzuzufügen.

Bei unserer Patientin werden wir jedoch im Rahmen der nachgehenden Krebsfürsorge durch Kontrasteinläufe den stenosierenden Prozeß regelmäßig kontrollieren, um einem Fortschreiten mit sofortigen

therapeutischen Maßnahmen begegnen zu können. Bei den übrigen Fällen mit Reizsymptomatik seitens des Dickdarms ließen sich gröbere morphologische Veränderungen nicht nachweisen. Übereinstimmend hiermit war ein rascher Rückgang der klinischen Symptome bei diesen Patientinnen. Allerdings schließen nach Feststellungen von CHYDENIUS zit. HOFMANN ³⁸ geringe Frühreaktionen am Darm starke Spätreaktionen nicht aus. BIRKNER ¹¹ betont, daß man hinsichtlich der zeitlichen Manifestation einer Strahlenschädigung mit Überraschungen rechnen muß. In zwei eindrucksvollen Beispielen kann er das unterschiedliche zeitliche Auftreten von Strahlenschädigungen im Darmbereich nachweisen.

BOECK und HEYDE ¹³, wie auch HINZ und MOHNKE ³⁵ berichten über Schädigungen höherer Darmabschnitte, darunter auch des Dünndarms, die sie bei Bestrahlungen mit der Hohlanodenröhre beobachtet haben. Wir glauben, daß bei der intravaginalen Betatronbestrahlung mit schnellen Elektronen infolge der begrenzten Reichweite und der Bündelung der Strahlung Dünndarmläsionen in hohem Maße unwahrscheinlich sind. Endgültige Aussagen hierüber lassen sich jedoch erst nach Vorliegen eines größeren mit dieser Methode bestrahlten Patientengutes machen. - Unter Bezugnahme auf den von RIES und BREITNER ⁷⁴ fest-

gestellten erweiterten Toleranzbereich von 6 000 - 8 000 R für Bestrahlungen von Blase und Rektum kann für unsere vorausgeschilderten 9 Fälle gesagt werden, daß dieser zum Teil erheblich überschritten wurde. Die durchschnittliche Strahlenbelastung für Blase und Rektum beträgt bei unserem G - Typ etwa 5 500 - 6 000 R, beim R - Typ etwa 6 500 - 7 000 R inklusive der Radiumvorbelastung. Diese Angaben beziehen sich jeweils auf eine Herddosis von 6 000 R im Parametrium und an der Beckenwand. Summiert man die unter unterschiedlichsten Applikationsformen individuell erreichten Dosen hinzu, so wird das Überschreiten des oben genannten Toleranzbereiches deutlich.

Spätkomplikationen seitens der Blase und des Rektums wären demnach nicht der neuen Bestrahlungsmethode anzulasten, sondern eine Folge des bewußten Strebens nach höherer kurativer Tumordosis.

Letztthin muß hier auch eine mögliche Schädigung der Ureteren durch die zusätzliche intravaginale Elektronenbestrahlung in Erwägung gezogen werden. Das betrifft sowohl frühzeitige nekrosebedingte Fistelbildungen zwischen Ureter und Vagina, als auch Spätreaktionen mit Ureterstenosierungen und Aufstau. Durch ihre unmittelbare Nachbarschaft zur Cervix uteri,

seitlicher Abstand etwa 2 cm, unmittelbar gefährdet und bei vorausgegangener Operation durch die Präparation oft zusätzlich traumatisiert, sollte man eigentlich erwarten, daß die Ureteren am ehesten Schädigungszeichen nach intravaginaler Elektronenbestrahlung zeigen. Demgegenüber konnten wir feststellen, daß dieses nicht der Fall war. Wenn auch wegen der meßtechnisch außerordentlich ungünstigen Kalibrierung der Ureteren sowohl bei uns als auch in der Literatur keine exakten Dosisangaben über tatsächliche Strahlenbelastung vorliegen, ergeben vergleichende Überschlagsrechnungen, daß der von RIES und BREITNER ⁷⁵ als bereits zur Schädigung führende Wert von 4 500 R im Parametrium bei unseren Patientinnen deutlich überschritten wurde. Eine Überschreitung dieses Wertes liegt bereits bei der von uns seit Jahren durchgeführten alleinigen Co ⁶⁰-Telegammatherapie bzw. Radium- Telegammakombinationsbehandlung vor. Anhand des Isodosenverlaufes läßt sich für die Ureteren eine Strahlenbelastung von ca. 7 000 R beim G - Typ, von 7 500 - 8 000 R (inkl. Radiumbelastung) beim R - Typ errechnen. Diese Werte beziehen sich jeweils auf eine Herddosis von 6 000 R im Parametrium und an der Beckenwand. Rein strahlenbedingte Ureterstenosierungen haben wir bei diesem Behandlungsschema über einen

größeren Beobachtungszeitraum nicht feststellen können. Auch Frühveränderungen mit strahlenbedingter Fistelbildung zwischen Ureter und Vagina traten nicht auf. Wir möchten diese günstigen Ergebnisse der von uns geübten fraktionierten Bestrahlungsmethode zuschreiben.

HOFMANN ³⁹ betont im Zusammenhang mit der Feststellung, daß die durch Bestrahlung angestrebte Wirkung auf Karzinomgewebe in einem bindegewebigen Ersatz des zugrunde gegangenen Karzinomgewebes besteht, die zwangsläufige Kopplung von ausgedehnter Fibrosierung nach der Strahlenbehandlung bei vorausgehendem umfangreichen Tumorbefall. Dies gelte auch für die parametranen Schrumpfungsvorgänge.

Die Ausdehnung des ursprünglich vorhandenen gynäkologischen Tumors dürfte demnach einen entscheidenden Einfluß auf spätere strahlenbedingte Veränderungen im Beckenbindegewebe und damit auch auf mögliche Spätreaktionen am Ureter mit Stenosierung des Lumens haben. Jedoch muß auch hierbei wieder die individuell unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit des Beckenbindegewebes in Rechnung gestellt werden, welche nicht unbedingt Überdosierungen voraussetzt (RIES und BREITNER ⁷⁵). So lassen sich auch die stark unterschiedlichen Beobachtungen der einzelnen Untersucher erklären.

Während RIES und BREITNER ⁷⁵ sowie PHILIPP und RUMPHORST ⁶⁹ an einem umfangreichen Krankengut die Häufigkeit von strahlungsbedingten Ureterstenosen und damit verbundenem hydronephrotischen Aufstau nicht bestätigen können, berichten BUCHMANN ¹⁵, KIRCHHOFF ⁵² und PAHL ⁶⁸ über ungünstigere Ergebnisse. BUCHMANN und PAHL machen hierfür wiederum die Bestrahlung mit der Hohl-anodenröhre verantwortlich.

Gegenüber diesen sich teilweise widersprechenden Beobachtungen dürfte es jedoch einwandfrei feststehen, daß die tumorbedingten Ureterstenosen für die Lebenserwartung der Patientinnen prognostisch ungünstiger sind. Im Interesse einer endgültigen Tumorheilung dürfte es heutzutage gerechtfertigt sein, Ureterstenosierungen mit allen ihren Folgeerscheinungen als Spätreaktionen einer Strahlentherapie mit kurativen Dosen in Kauf zu nehmen. Die Entwicklungen der Urologie und der antibiotischen Therapie in den letzten Jahren ermöglichen heute eine Beherrschung dieser Komplikationen im Bereich der oberen Harnwege nach Heilung des Karzinomleidens.

Es zeigt sich jedoch als unumgänglich, ähnlich wie bei Blase und Rektum, auch für die Strahlensensibilität des Ureters Toleranzwerte aufzustellen.

Die Thermolumineszenz - Dosimetrie scheint mit ihren kleindimensionierten Meßkammern die Voraussetzungen für eine Dosismessung nach Uretersondierung mitzubringen.

Die bekannte hohe Strahlenbelastbarkeit der Vaginalhaut, sie beträgt nach TISCHER ⁸⁴ etwa 30 000 R, macht hier primäre Schädigungen durch die von uns durchgeführte Zusatzbestrahlung mit schnellen Elektronen unwahrscheinlich. Auf eine Aufzählung der möglichen Strahlenreaktionen soll daher verzichtet werden.

Die maximal durch schnelle Elektronen an der Vaginaloberfläche verabfolgte Dosis betrug etwa 1/4 derjenigen, die bei der Parametrienbestrahlung mit der Hohlanodenröhre, beim Tubus S 4 z.B. 28 000 R, appliziert wurde. (Die Berechnung erfolgte unter Benutzung der Angaben von HOFMANN ³⁶, die jedoch zum besseren Vergleich in rad ausgedrückt wurden.)

Der Unterschied zwischen diesen beiden Methoden wird hierbei besonders deutlich.

IV. BEWERTUNG DER METHODE HINSICHTLICH IHRER STELLUNG IN DER STRAHLENTHERAPIE UND VER- GLEICH MIT DEN ÄLTEREN VERFAHREN.

Abschließend stellt sich nun die Frage, ob eine Methode wie die unsrige, die gegenüber ihrem doch relativ eng begrenzten Anwendungsgebiet in technischer Hinsicht immerhin einige Anforderungen stellt, ihren Platz in der Strahlentherapie gynäkologischer Karzinome zu Recht beansprucht. Wir glauben, diese Fragestellung bejahen zu müssen. Sicher dürfen durch die gewaltigen Umwälzungen, welche die Strahlentherapie mit der Einführung der Telegamma- und Supervolttherapie erfahren hat, die früher für die Tiefentherapie gynäkologischer Tumoren bestehenden Dosisprobleme wie Strahlengefährdung der Haut, Durchstrahlung großer Körpervolumina und Unmöglichkeit einer optimalen Rezidivbestrahlung größtenteils als gelöst betrachtet werden. Dies gilt jedoch nur für die derzeit allgemein verbreitete Dosierung von etwa 6 000 R am Herd (angestrebte "Regeldosis" nach WEITZEL⁹⁶). Parallel zur Entwicklung der Telecurie und Beschleunigeranlagen zeichnet sich jedoch bei vielen Strahlentherapeuten der Trend ab, die zu applizierenden Herddosen über die bisher für die Tumorvernichtung als ausreichenderachteten Werte zu erhöhen. Neuere Untersuchungen scheinen zudem dafür zu sprechen, daß eine feststehende "Tumor-

vernichtungsdosis" nicht existiert, weil die Strahlenempfindlichkeit ein und desselben Tumortyps erhebliche Unterschiede aufweisen kann. So schätzt FRIEDMAN zit. WEITZEL ⁹⁷ für das Plattenepithelkarzinom ein "Letalitätsspektrum" von 4 000 - 12 000 R. Stellt man diesen breiten Bereich in Rechnung, so wird das Streben nach höheren Tumordosen in der gesamten Strahlentherapie verständlich.

WATSON und BURKELL zit. WEITZEL ⁹⁷ erreichen beim Gebärmutterkarzinom unter hoher Fraktionierung Herddosen von 8 000 - 8 200 R, COCCHI zit. WEITZEL ⁹⁶ berichtet von Herddosen zwischen 10 000 und 12 000 R beim Rektumkarzinom, SCHERNULY ⁸¹ appliziert beim Mammakarzinom 8 000 - 9 000 R, ISCHTSCHENKO zit. WEITZEL ⁹⁷ verabfolgte bei gynäkologischen Tumoren sogar die enorm hohe Dosis von 20 000 R am Herd. Bei diesen Herddosen wird es verständlich, daß sich mit der hierdurch stetig ansteigenden Oberflächen-dosis das Problem der Hauttoleranz insbesondere bei den Telegammaanlagen wieder in den Vordergrund schiebt. Die Erhöhung der Volumendosis hält sich demgegenüber durch kleinere Feldbegrenzungen, geringe Streuung und ausreichende Fraktionierung in vertretbaren Grenzen, darf jedoch nicht völlig außer acht gelassen werden. Die Übernahme der Bewegungsbestrahlungsverfahren in die Therapie mit Telegamma- und Super-

voltanlagen dürfte neben der günstigeren Dosisverteilung nicht zuletzt auch hierin ihre Ursache haben.

In der intravaginalen Therapie mit schnellen Elektronen bietet sich nun eine ideale Zusatzbestrahlung, die es gestattet, unabhängig von der perkutanen Bestrahlung und Radiumtherapie beim gynäkologischen Karzinom hohe Tumordosen an die Parametrien zu applizieren. Gleichzeitig ermöglicht sie, wenn auch durch anatomische Gegebenheiten eingeengt, eine gezielte Bestrahlung, wobei durch die begrenzte Reichweite und die Form des Elektronenbündels eine größtmögliche Schonung der benachbarten und tieferliegenden Gewebsschichten erreicht wird. Gegenüber der perkutanen Strahlentherapie besteht durch Verminderung des durchstrahlten Gewebes ein echter Gewinn an relativer Herdraumdosis.

Hinsichtlich der Bestrahlungstechnik und des Verlaufs der Tiefendosis ähnelt die intravaginale Betatronbestrahlung mit schnellen Elektronen am meisten der transvaginalen Röntgenbestrahlung. Eine exakte Gegenüberstellung zeigt jedoch die deutlichen Vorteile der erstgenannten Methode: In dem für die Bestrahlung wichtigen Bereich bis zu 6 cm Körpertiefe ist der Verlust an Tiefendosis bei der Elektronenbestrahlung wesentlich geringer, die eingestrahlte

Dosis und damit die Oberflächenbelastung kann niedrig gehalten werden. Die Reichweite der Elektronenbestrahlung kann durch Wahl der Energie der Tumorlage angepaßt werden, wodurch eine Schonung tiefergelegenen Gewebes erreicht wird, was bei der transvaginalen Röntgenbestrahlung nicht möglich ist. Die leicht divergierende Form des Elektronenbündels erlaubt zudem größere Felder. -

Im Vergleich mit dem Körperhöhlenrohr wird der durch die Elektronenstrahlung erreichte günstige Verlauf der Tiefendosis noch deutlicher, die Einsparung an Oberflächendosis eindrucksvoller. Durch Herabsetzung der Elektronenenergie lassen sich zudem die Bedingungen der Nahbestrahlung nachahmen. - Im Vergleich mit dem Radium letztthin wird der Vorteil der gezielten Bestrahlung neben dem Gewinn an Tiefendosis entscheidend. Damit soll der weiteren Anwendung des als optimal erkannten Kleinraumstrahlers Radium jedoch nicht entgegengetreten werden, vielmehr wird ihr mit der intravaginalen Elektronentherapie eine für viele Bereiche der gynäkologischen Strahlenbehandlung als vorteilhafter erkannte Methode zur Seite gestellt.

(Der vergleichende Verlauf der Tiefendosiskurven für die oben genannten Bestrahlungsarten wurde bereits in Abb. 3 dargestellt.)

Bei der großen Anzahl standardisierter Bestrahlungstechniken, die gerade auf dem gynäkologischen Sektor der Strahlentherapie entwickelt wurden, muß die intravaginale Betatronbestrahlung mit schnellen Elektronen einem individuellen Einsatz vorbehalten bleiben. Nur so kann sie ihrer eigentlichen Aufgabenstellung als zusätzliche Bestrahlungsmethode bei sonst nur schwer oder nicht mehr kurablen gynäkologischen Karzinomen voll gerecht werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung von Kleinraumbestrahlungen war über Jahrzehnte hinweg das Anliegen vieler Strahlentherapeuten. Beim Gebärmutterkarzinom, einer der häufigsten Krebsformen überhaupt, gelang mit diesen Methoden eine deutliche Erhöhung der Herddosis, die teils durch intrakavitäre Zusatzbestrahlung, teils durch Bewegungsbestrahlung erreicht wurde. Die höhere relative Herdraumdosis ermöglichte eine Verminderung der durch die Strahlenbehandlung ausgelösten Allgemeinreaktionen.

Der technische Fortschritt brachte mit der Entwicklung von Telecuriegeräten und Beschleunigeranlagen gegenüber der herkömmlichen Röntgentiefentherapie hinsichtlich Hautschonung, niedriger Volumendosis und höherer Herddosis deutliche Verbesserungen.

Das Prinzip der Kleinraumbestrahlung hat jedoch nach wie vor seine Berechtigung.

Mit der von uns entwickelten intravaginalen Kleinraumbestrahlung mit schnellen Elektronen eines 18 MeV - Betatrons haben wir vom August 1969 bis zum März 1970 neun Patientinnen mit gynäkologischen Karzinomen behandelt. Es handelte sich dabei durchweg um äußerst ungünstige Ausgangsbefunde. Die Bestrahlung wurde zusätzlich zur perkutanen $\text{Co } ^{60}$ -Telegammatherapie bzw. kombinierten Radium- $\text{Co } ^{60}$ -Telegammatherapie durchgeführt. Ein deutlicher Tumorrückgang wurde in 4 Fällen beobachtet. Störungen des Allgemeinbefindens unter der Bestrahlung wurden nicht angegeben, das weiße Blutbild blieb unbeeinflusst. Wir führen dies auf die günstige relative Herdraumdosis zurück, die durch die gebündelte und in ihrer Reichweite begrenzte Elektronenstrahlung erreicht wird. An lokalen Nebenerscheinungen kam es zu strahleninduzierten Reaktionen an Harnblase und Dickdarm mit der entsprechenden klinischen Symptomatik. Sie ließen sich durch konservative Maßnahmen gut beherrschen. Fistelbildungen wurden nicht beobachtet.

Es wird nicht beabsichtigt, die Radium- oder Telecurietherapie zugunsten der intravaginalen Beta-tronbestrahlung einzuschränken. Als typische Kleinraumbestrahlungsmethode bietet sich diese vielmehr

hinsichtlich der Dosisverteilung als hervorragende Ergänzung der Radiumbehandlung an.

Das Prinzip des individuellen und zusätzlichen Einsatzes der intrakavitären Betatronbestrahlung muß gewahrt bleiben.

VI. LITERATUR

- 1 BAEUMER, J.: Strahlentherapie 87 (1952), 290
- 2 BARTH, G., GRAEBNER, H. u. F. WACHSMANN: Strahlentherapie 112 (1960), 280
- 3 BARTH, G. u. D. RINGLEB: Strahlentherapeutische Taktik. In: Klinische Radiologie, S. 390. Schattauer Verlag, Stuttgart 1968
- 4 BAUER, K. H.: Das Krebsproblem, S. 673 Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1949
- 5 BECKER, J.: Strahlentherapie 101 (1956), 208
- 6 BECKER, J., KÄRCHER, K. H. u. G. WEITZEL: Elektronentherapie mit Supervoltgeräten. In: Strahlenbiologie, Strahlentherapie, Nuklearmedizin u. Krebsforschung. Ergebnisse 1952 - 1958, S. 496 Thieme Verlag, Stuttgart 1959
- 7 BECKER, J. u. K. E. SCHEER: Strahlentherapie 86 (1951/52), 540
- 8 BECKER, J. u. G. SCHUBERT: Die Supervolttherapie, S. 166, Abb. 8 Thieme Verlag, Stuttgart 1961
- 9 BERGER, H. u. W. PAUL: Z. Physik 126 (1949), 422
- 10 BIRKNER, R.: Eigene Mitteilung 1970
- 11 BIRKNER, R.: Strahlentherapie 106 (1958), 335
- 12 BIRKNER, R. u. G. HINZ: Med. Klin. 56 (1961), 701
- 13 BOECK, K. u. W. HEYDE: Zbl. Gynäk. 75 (1953), 642
- 14 BREITLING, G. u. K. H. VOGEL: Strahlentherapie 122 (1963), 321
- 15 BUCHMANN, E.: Strahlentherapie 99 (1956), 20
- 16 BUTTENBERG, D.: Strahlentherapie 105 (1958), 218
- 17 CHAUL, H.: Die Nahbestrahlung Thieme Verlag, Leipzig 1944
- 18 CHAUL, H.: Münch. med. Wschr. 81 (1934), 235
- 19 CHAUL, H.: Münch. med. Wschr. 83 (1936), 972
- 20 CHAUL, H. u. F. WACHSMANN: Die Nahbestrahlung. II. Aufl. S. 29 Thieme Verlag, Stuttgart 1953
- 21 CHAUL, H. u. F. WACHSMANN: Die Nahbestrahlung. II. Aufl. S. 30 Thieme Verlag, Stuttgart 1953
- 22 CHAUL, H. u. F. WACHSMANN: Die Nahbestrahlung. II. Aufl. S. 34 Thieme Verlag, Stuttgart 1953
- 23 CHAUL, H. u. F. WACHSMANN: Die Nahbestrahlung. II. Aufl. S. 48 Thieme Verlag, Stuttgart 1953
- 24 CHAUL, H. u. F. WACHSMANN: Die Nahbestrahlung. II. Aufl. S. 94, 9 Thieme Verlag, Stuttgart 1953

- 25 v.d.DECKEN,C.B.: Strahlentherapie 101 (1956),204
- 26 v.d.DECKEN,C.B.,BECKER,J.
u. G.WEITZEL: Strahlentherapie 101 (1956),197
- 27 FORSSELL,G.: Fortschr. Röntgenstr. 25 (1917/18),
142
- 28 GAUWERKY,F.: Strahlentherapie 80 (1949),51
- 29 GAUWERKY,F.: Strahlentherapie 103 (1957),16
- 30 GAUWERKY,F.: Strahlentherapie 105 (1958),107
- 31 GUND,K. u. F.WACHSMANN: Strahlentherapie 77 (1948),573
- 32 GUND,K. u.
R.SCHITTENHELM: Strahlentherapie 92 (1953),506
- 33 HEUSER,G.: Strahlentherapie 104 (1957),581
- 34 HEYMAN,J.: Acta radiol.(Stockh.) 16 (1935),129
- 35 HINZ,W. u. W.MOHNKE: Zbl. Gynäk. 74 (1952),743
- 36 HOFMANN,D.: Klinik der gynäkologischen Strahl-
entherapie, S. 152
Urban-Schwarzenberg Verlag
München-Berlin 1963
- 37 HOFMANN,D.: Klinik der gynäkologischen Strahl-
entherapie, S. 252
Urban-Schwarzenberg Verlag
München-Berlin 1963
- 38 HOFMANN,D.: Klinik der gynäkologischen Strahl-
entherapie, S. 266
Urban-Schwarzenberg Verlag
München-Berlin 1963
- 39 HOFMANN,D.: Klinik der gynäkologischen Strahl-
entherapie, S. 258
Urban-Schwarzenberg Verlag
München-Berlin 1963
- 40 HÜTER,K.A. u.
H.G.MÜLLER: Strahlentherapie 107 (1958),462
- 41 INGELMANN-SUNDBERG,A.: Acta radiol.(Stockh.) 28 (1947),760
- 42 KÄRCHER,K.H.: zit.in: BECKER,J. u. G.SCHUBERT:
Die Supervolttherapie, S. 235
Thieme Verlag, Stuttgart 1961
- 43 KEPP,R.K.: Gynäkologische Strahlentherapie,S.54
Thieme Verlag, Stuttgart 1952
- 44 KEPP,R.K.: Arch. Gynäk. 183 (1953),444
- 45 KEPP,R.K.: Gynäkologische Strahlentherapie,S.67
Thieme Verlag, Stuttgart 1952
- 46 KEPP,R.K.: Gynäkologische Strahlentherapie,S.75
Thieme Verlag, Stuttgart 1952
- 47 KEPP,R.K.: Dtsch. med. Wschr. 78 (1953),1391

- 48 KEPP,R.K.: Gynäkologische Strahlentherapie, S.91
Thieme Verlag, Stuttgart 1952
- 49 KEPP,R.K.: Gynäkologische Strahlentherapie, S.58
Thieme Verlag, Stuttgart 1952
- 50 KEPP,R.K. u.
G. ATHANASSIU: Strahlentherapie 76 (1947),62
- 51 KEPP,R.K. u.
F.WACHSMANN: Strahlentherapie 81 (1950),287
- 52 KIRCHHOFF,H.: Geburtsh. u. Frauenheilk. 20 (1960),3
- 53 KIVINIITTY,K. u.
C.E.UNNERUS: Strahlentherapie 136 (1968),416
- 54 KOTTMEIER,H.L.: Arch. Gynäk. 183 (1953),430
- 55 LETTERER,E.: Allgemeine Pathologie, S.638
VEB Georg Thieme, Leipzig 1959
- 56 MARKUS,B. u. W.PAUL: Strahlentherapie 92 (1953),621
- 57 MARTIUS,H.: Dtsch. med. Wschr. 69 (1943),145
- 58 MARTIUS,H.: Arch. Gynäk. 173 (1942),97
- 59 MARTIUS,H. u. R.K.KEPP: Strahlentherapie 71 (1942),627
- 60 du MESNIL DE ROCHEMONT: Strahlentherapie 98 (1955),21
- 61 du MESNIL DE ROCHEMONT: Lehrbuch der Strahlenheilkunde,
S.176
Enke Verlag, Stuttgart 1958
- 62 du MESNIL DE ROCHEMONT: Lehrbuch der Strahlenheilkunde
S.228-230
Enke Verlag, Stuttgart 1958
- 63 du MESNIL DE ROCHEMONT: Strahlentherapie 78 (1949),511
- 64 du MESNIL DE ROCHEMONT: Dtsch.med. J. 9 (1958),25
- 65 du MESNIL DE ROCHEMONT: Strahlentherapie 71 (1942),512
- 66 du MESNIL DE ROCHEMONT: Strahlentherapie 63 (1938),465
- 67 NEUMANN,W. u. F.
WACHSMANN: Strahlentherapie 75 (1944),323
- 68 PAHL,R.: Geburtsh. u. Frauenheilk.:18(1958),
1445
- 69 PHILIPP,E. u. K.
RUMPHORST: Geburtsh. u.Frauenheilk.21 (1961),109
- 70 DEL REGATO,J.A.: Amer. J. Roentgenol. 71 (1954),676
- 71 RIES,J.: Gynäkologie. In: Praktische Strahlen-
therapie,S. 167
Medica-Verlag
Stuttgart-Wien-Zürich 1957
- 72 RIES,J.: Gynäkologie. In: Praktische Strahlen-
therapie,S.192
Medica-Verlag
Stuttgart-Wien-Zürich 1957

- 3 RIES, J. u.
J. BREITNER: Strahlenbehandlung in der Gynäkologie
Sdbd. 40 der Strahlenther. 1959
- 4 RIES, J. u.
J. BREITNER: Strahlenbehandlung in der Gynäkologie
Sdbd. 40, S. 62 der Strahlenther. 1959
- 5 RIES, J. u.
J. BREITNER: Strahlenbehandlung in der Gynäkologie
Sdbd. 40, S. 153 der Strahlenther. 1959
- 6 RIES, J. u.
J. BREITNER: Z. Geburtsh. Gynäk. 133 (1950), 297
- 7 ROTTE, K.: Zbl. Gynäk. 90 (1968), 1149
- 8 SANGSTER, M.: Acta radiol. (Stockh.) 39 (1953), 57
- 9 SCHAEFER, W. u. E. WITTE: Strahlentherapie 44 (1932), 283
- 0 SCHAEFER, W. u. E. WITTE: Strahlentherapie 50 (1934), 579
- 1 SCHERMULY, W.: Röntgen-Bl. 23 (1970), 1
- 2 SCHMERMUND, H.-J.,
OBERHEUSER, F. u.
H. KUTTIG: zit.in: BECKER, J. u. G. SCHUBERT:
Die Supervolttherapie, S. 461
Thieme Verlag, Stuttgart 1961
- 3 TESCHENDORF, W.: Dtsch. med. Wschr. 65 (1939), 827
- 4 TISCHER, H.: Wien. med. Wschr. 102 (1952), 133
- 5 TOD, M. u.
W. J. MEREDITH: Brit. J. Radiol. 26 (1953), 252
- 6 TAYLOR, H. C. u.
G. H. TWOMBLY: Amer. J. Roentgenol. 56 (1946), 513
- 7 TWOMBLY, G. H. u.
J. A. CHAMBERLIN: Radiology 52 (1949), 14
- 8 TWOMBLY, G. H., CACERES, E.
u. J. A. CORSCADEN: Amer. J. Roentgenol. 68 (1952), 779
- 9 TUDWAY, R. C.: Acta radiol. (Stockh.) 39 (1953), 415
- 0 VIGNES, H. u.
CL. BECLÈRE: Mschr. Geburtsh. Gynäk. 85 (1930), 390
- 1 WACHSMANN, F.: Strahlentherapie 93 (1954), 295
- 2 WACHSMANN, F. u. G. BARTH: Die Bewegungsbestrahlung: i. vorwort
Thieme Verlag, Stuttgart 1953
- 3 WACHSMANN, F. u. G. BARTH: Die Bewegungsbestrahlung, S. 30
Thieme Verlag, Stuttgart 1953
- 4 WACHSMANN, F. u. G. BARTH: Die Bewegungsbestrahlung, S. 38
Thieme Verlag, Stuttgart 1953

- 95 WELKER,K.: Strahlentherapie 136 (1968),420
- 96 WEITZEL,G.: zit.in: BECKER,J. u. G.SCHUBERT
Die Supervoltttherapie, S. 284
Thieme Verlag, Stuttgart 1961
- 97 WEITZEL,G.: zit.in: BECKER,J. u. G.SCHUBERT
Die Supervoltttherapie, S. 285
Thieme Verlag, Stuttgart 1961
- 98 WIDERÖE,R.: Röntgen-Bl. 23 (1970), 49

Es ist mir ebenso angenehme Pflicht wie dringendes Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. med. Rudolf B i r k n e r für die Überlassung des Themas, die wissenschaftliche Betreuung und die Korrektur dieser Arbeit zu danken, ebenso Herrn Dipl.- Phys. Martin K r ä m e r für die jederzeit freundliche Unterstützung und Beratung.

Ferner bin ich Herrn Dipl.- Ing. Ulrich P a p e für die Erstellung der Isodosen zu Dank verpflichtet. Frau Gertrud K o t h e danke ich für ihre Hinweise bei der Beschaffung der notwendigen Literatur.

L e b e n s l a u f

Am 5. Juni 1938 wurde ich in Berlin - Köpenick als Sohn des Technischen Kaufmannes Walter Theophil und seiner Ehefrau Gerda, geb. Siegel geboren.

Von 1944 bis 1945 besuchte ich die Grundschule in Wildenthal im Erzgebirge und von 1945 bis 1951 die Grundschule in Berlin - Mahlsdorf. Im Anschluß hieran war ich bis zum Abitur im Jahre 1955 Schüler der Eichendorff - Oberschule in Berlin - Köpenick.

Da mir ein Studienplatz an einer ostdeutschen Universität verwehrt wurde, begann ich im Jahre 1955 eine Lehre als Maschinenschlosser, die jedoch wegen einer berufsbedingten Hauterkrankung bereits 1956 abgebrochen werden mußte.

Von 1956 bis 1957 besuchte ich den Sonderlehrgang für Ostabiturienten in Berlin - Schöneberg und legte dort die Ergänzungsprüfung zur Anerkennung des Ostabiturs ab.

Im Wintersemester 1957/58 begann ich das Medizinstudium an der Freien Universität Berlin. Im Jahre 1958 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Jahre 1960 die ärztliche Vorprüfung ab.

Nach dem Sommersemester 1961 verließ ich Ostberlin und studierte anschließend im Wintersemester 1961/62 an der Justus - Liebig - Universität in Gießen.

Zum Sommersemester 1962 kehrte ich zurück an die Freie Universität Berlin. Hier legte ich im Frühjahr 1964 mein medizinisches Staatsexamen ab.

Von Mai 1964 bis Mai 1966 war ich als Medizinalassistent am Seminar für Sozialhygiene und öffentliches Gesundheitswesen der Freien Universität Berlin sowie am Städtischen Krankenhaus Moabit, Berlin tätig.

Die Bestallung als Arzt wurde mir ab 31. Mai 1966 erteilt.

Seit dem 1. Juni 1966 arbeite ich als Assistenzarzt im Röntgen- und Strahlentherapeutischen Institut am Städtischen Krankenhaus Moabit in Berlin.

